

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ
«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ
імені ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»
Інженерно-фізичний факультет
Кафедра ливарного виробництва чорних то кольорових металів**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

_____ М.М.Ямшинський

«___» _____ 20__ р.

**Дипломний проєкт
на здобуття ступеня бакалавра
за освітньо-професійною програмою «Комп'ютеризовані процеси лиття»
спеціальності 136 «Металургія»**

**на тему: «Розроблення технологічного процесу виготовлення чавунного
виливка "Корпус редуктора", організація та планування формувального
відділення ливарного цеху арматурного заводу»**

Виконав :

студент IV курсу, групи ФЛ-61-1

Антоненко Андрій Олександрович _____

Керівник:

Доцент

Ямшинський Михайло Михайлович _____

Консультант з економічної частини:

Старший викладач

Нараєвський Сергій Вікторович _____

Консультант з охорони праці

Доцент

Демчук Гліб Вікторович _____

Засвідчую, що у цьому дипломному
проєкті немає запозичень з праць інших
авторів без відповідних посилань.

Студент _____

Київ – 2020 року

ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

№ з/п	Формат	Позначення	Найменування	Кількість листів	Примітка
1	A4		Завдання на дипломний проєкт	2	
2	A4	ФЛ61.61301.1110.0000 ПЗ	Пояснювальна записка	92	
3	A1	ФЛ61.61301.1110.0001	Технологія виготовлення виливка «Корпуса редуктора»	1	
4	A2	ФЛ61.61301.1110.0002	Форма у складеному вигляді.	1	
5	A2	ФЛ61.61301.1110.0003	Модельна плита с моделью.	1	
6	A2	ФЛ61.61301.1110.0004	Модельний комплект	1	
7	A1	ФЛ61.61301.1110.0005	Формувальна машина	1	
8	A2	ФЛ61.61301.1110.0006	План формувального відділення	1	

				ФЛ61.61301.1110.0000		
	ПІБ	Підп.	Дата	Відомість дипломного проєкту	Лист	Листів
Розробн.	Антоненко А.О				1	1
Керівн.	Ямшинський М.М				КПІ ім. Ігоря Сікорського Каф. ЛВЧКМ Гр. ФЛ-61-1	
Консульт.						
Н/контр.						
Зав.каф.						

**Пояснювальна записка
до дипломного проєкту**

на тему: «Розроблення технологічного процесу виготовлення чавунного
виливка "Корпус редуктора", організація та планування формувального
відділення ливарного цеху арматурного заводу»

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

Інженерно-фізичний факультет

Кафедра ливарного виробництва чорних та кольорових металів

Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)

Спеціальність – 136 «Металургія»

Освітньо-професійна програма «Комп'ютеризовані процеси лиття»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

_____ М.М Ямшинський

«___» _____ 2020 р.

ЗАВДАННЯ

на дипломний проєкт студенту

Антоненку Андрію Олександровичу

1. Тема проєкту «Розроблення технологічного процесу виготовлення чавунного виливка "Корпус редуктора", організація та планування формувального відділення ливарного цеху арматурного заводу», керівник проєкту доцент Ямшинський Михайло Михайлович, затверджені наказом по університету від «___» _____ 20__ р. № _____

2. Термін подання студентом проєкту _____

3. Вихідні дані до проєкту 3.1. Матеріали переддипломної виробничої практики. 3.2. Література за темою дипломного проєкту. 3.3. Номенклатура виливків ливарного цеху. 3.4. Потужність ливарного цеху - 3400 тонн придатних виливків за рік.

4. Зміст пояснювальної записки 4.1. Вступ. 4.2. Аналіз виробничої програми. 4.2.1 Режим роботи та фонди часу. 4.3. Формувальне відділення ливарного цеху. 4.4. Технологія ливарної форми виливка «Корпус редуктора». 4.5. Технологічне устатковування. 4.6. Організаційний розділ. 4.7. Економічний розділ. 4.8. Охорона праці. 4.9 Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу.

5.1 Технологія виготовлення виливка «Корпуса редуктора». 5.2 Форма у складеному вигляді. 5.3 Модельна плита с моделью. 5.4 Модельний комплекс 5.5 Формувальна машина 5.6. План формувального відділення

6. Консультанти розділів проєкту

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Охорона праці	Демчук Гліб Вікторович		
Економічний	Нараєвський Сергій Вікторович		

7. Дата видачі завдання _____

Календарний план

№ з/п	Назва етапів виконання дипломного проєкту	Термін виконання етапів проєкту	Примітка
1	Переддипломна виробнича практика		
2	Аналіз виробничої програми		
3	Проектування формувального відділення		
4	Розроблення технологічного процесу виготовлення виливка		
5	Проектування ливарного устаткування		
6	Організаційна частина		
7	Економічна частина		
8	Охорона праці		
9	Рецензування проєкту		
10	Захист		

Студент

Антоненко Андрій Олександрович

Керівник

Ямшинський Михайло Михайлович

РЕФЕРАТ

Дипломний проект: 92 стор., 22 табл., 10 рис., 8 посилань.

Об'єкт проектування – технологічний процес виготовлення виливка з вуглецевої сталі «Корпус Редуктора» масою 39 кг литтям у разові піщано-глинясті форми.

Предмет проектування – технологія ливарної форми та організація роботи формувального відділення ливарного цеху.

Результати проектування – розроблено технологію ливарної форми для заданого виливка, виконано технічне планування формувального відділення та розрахунок одиниці ливарного устаткування.

Результати проектування – можуть бути рекомендовані на ливарних підприємствах з подібним характером виробництва.

Галузь використання – підприємства сільсько-господарського машинобудування, військово-промислового комплексу тощо.

КОРПУС РЕДУКТОРА, СТРУШУВАЛЬНО-ПРЕСОВА МАШИНА, ФОРМА ЛИВАРНА, СУМІШ ФОРМУВАЛЬНА ,ПЛИТА МОДЕЛЬНА, ФОРМУВАЛЬНЕ ВІДДІЛЕННЯ .

					ФЛ61.61301.1110.0000 ПЗ									
Змн.	Арк.	№ докум.		Дата										
Розроб.		Антоненко А.О				РЕФЕРАТ			Літ.		Арк.	Арушів		
Перевір.		Ямшинський М.М										6		
Реценз.									КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ					

ABSTRACT

Thesis project: 92 pages, 22 tables, 10 figures, 9 references.

The object of design - the technological process of manufacturing a carbon steel casting "Gearbox housing" weighing 39 kg by casting in disposable sand-clay molds.

The subject of design - the technology of the mold and the organization of the molding department of the foundry.

Design results - the technology of the casting mold for a given casting is developed, the technical planning of the molding department and the calculation of the unit of the casting equipment are performed.

Design results - can be recommended at foundries with a similar nature of production.

Field of use - enterprises of agricultural engineering, military-industrial complex, etc.

REDUCER HOUSING, SHAKING AND PRESSING MACHINE,
FOUNDRY FORM, FORMING MIXTURE, MODEL PLATE, FORMING
DEPARTMENT

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						7
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
АНАЛІЗ ВИРОБНИЧОЇ ПРОГРАМИ.....	10
РЕЖИМ РОБОТИ ТА ФОНДИ ЧАСУ.....	18
РОЗРАХУНОК ФОРМУВАЛЬНОГО ВІДДІЛЕННЯ.....	21
ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИРОБА «Корпус Редуктора».....	29
ТЕХНОЛОГІЧНЕ УСТАТКОВАННЯ.....	48
ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ.....	72
ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ.....	76
ОХОРОНА ПРАЦІ.....	84
ВИСНОВОК.....	91
СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....	95

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Разроб.		Антоненко						
Перев.								
Н. Контр.		Ямшинський			КПІ ім. І. Сікорського,			
Затв.								
					Лит.	Аркуш	Аркушів	
						8		

ВСТУП

Ливарне виробництво – галузь машинобудування, яка займається виготовленням фасонних заготовок або деталей шляхом заливання розплавленого металу в спеціальну форму, порожнина якої має конфігурацію заготовки (деталі). При охолодженні залитий метал твердне і у твердому стані зберігає конфігурацію тієї порожнини, в яку він був залитий. У процесі кристалізації розплавленого металу і подальшого охолодження формуються механічні та експлуатаційні властивості виливків.

У цьому проекті дано завдання розрахувати відділення та технологію виготовлення чавунного виливка

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						9
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

1.1 Виробнича програма

Відділення цеху для відпуску 3400 т. Придатного литва на рік призначений для виробництва малогабаритних деталей .

Данне відділення для проектування ,відоноситься до відділення серійного виробництва де номенлатура виливків не більше 200 найменування (табл 1.1) і їх серійність не менше за 1000 шт. На річний цикл виробництва

Номеклатуру виливків поділяємо на 2 групи:

1 – маса до 20кг

2 – маса понад 20кг

Для виконання плану виробництва річної програми випуску литих виробів в цеху необхідно виготовити певну кількість деталей

Кількість виробів визначають за формулою

$$K = \frac{\Pi}{\sum_{i=1}^{\Pi} m_i},$$

Де Π – потужність ливарного цеху: $\Pi = 3400$ т.;
 m_i – маса металу, яка необхідна для виготовлення і-го виробу, кг.

$$\sum m_i \text{ п } i=1 = 771,20$$
$$K = 3400000 / 771,20 = 4409 \text{ од.}$$

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Разроб.		Антоненко А.О			Аналіз виробничої програми	Лит.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Ямшинський М.М					10	
						КПІ ім. І. Сікорського, ІФФ		
Н. Контр.								
Затв.								

Зм.		
Ар.к.		
№ док.м.		
Підпис		
Дата		
1	Арк	

Індекс позиції	Група	Найменування	Матеріал	Маса ,кг		Кількість виробів Шт.	Габаритні розміри				Режим тремічного оброблення
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	ФЛ-6101	Корпус вентиля 1	СЧ-20	14,5	11,6	1	14,5	103	49	56	відпал
2	ФЛ-6102	Кришка верхня 1	СЧ-25	4,8	3,84	1	4,8	113	58	66	відпал
3	ФЛ-6103	Кришка нижня 1	СЧ-25	1,9	1,52	1	1,9	153	65	75	відпал
4	ФЛ-6104	Бугель 1	СЧ-20	7	5,6	1	7	233	79	89	відпал
5	ФЛ-6105	Чашка верхня 1	СЧ-25	8,8	7,04	1	8,8	133	89	100	відпал
6	ФЛ-6106	Чашка нижня 1	СЧ-25	8,7	6,96	1	8,7	213	98	112	відпал
7	ФЛ-6107	Грибок 1	СЧ-25	2,9	2,32	1	2,9	353	100	156	відпал
8	ФЛ-6108	Корпус редуктора 1	СЧ-15	15,2	12,16	1	15,2	243	109	156	відпал
9	ФЛ-6109	Кришка редуктора 1	СЧ-15	16,1	12,88	1	16,1	123	111	156	відпал
10	ФЛ-61010	Станина 1	СЧ-25	18,4	14,72	1	18,4	533	120	156	відпал
11	ФЛ-61011	Корпус вентиля 2	СЧ-20	18	14,4	1	18	323	135	156	відпал
12	ФЛ-61012	Кришка верхня 2	СЧ-25	6	4,8	1	6	543	145	156	відпал
13	ФЛ-61013	Кришка нижня 2	СЧ-25	3	2,4	1	3	425	165	156	відпал
14	ФЛ-61014	Бугель 2	СЧ-20	9,2	7,36	1	9,2	235	178	156	відпал
15	ФЛ-61015	Чашка верхня 2	СЧ-25	10,2	8,16	1	10,2	323	207	156	відпал
16	ФЛ-61016	Чашка нижня 2	СЧ-25	9,4	7,52	1	9,4	235	213	156	відпал
17	ФЛ-61017	Грибок 2	СЧ-25	3,6	2,88	1	3,6	346	202	156	відпал
18	ФЛ-61018	Корпус редуктора 2	СЧ-15	27,5	22	1	27,5	523	242	156	відпал
19	ФЛ-61019	Кришка редуктора 2	СЧ-15	31,1	24,88	1	31,1	325	243	188	відпал
20	ФЛ-61020	Станина 2	СЧ-25	28,6	22,88	1	28,6	435	234	188	відпал
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

1.2 Аналіз виробничої програми

Взявши дані з таблиці 1.1 розраховуємо та складаємо точну виробничу програму ливарного цеху (таб. 1.2).

Маючи основні необхідні дані, такі як: маса, матеріал, кількість на один виріб з таб. 1.1 підтягуємо їх до таб. 1.2. де потрібно розрахувати масу деталі, ксть їх на одиницю виробу в одиницях виміру кілограм, а також розрахувати річну програму випуску виливкі.

Для визначення маси виробу потрібно вирахувати 10 % від маси готового виливка.

Вагу виливків на один виріб визначаємо за допомогою операції множення к-сті кожної деталі на її масу.

Для визначення загальної к-сті виробів, необхідно річну кількість виробів, перемножити на к-сть деталей на виріб. Отримавши необхідні цифри, визначаємо річну кількість виливків на основні вироби. Таким самим методом знаходимо вагу у тонах.

Число в рядку «Всього» повинно відповідати потужності цеху, що задане у завданні.

Для власних потреб приймаємо 10% від проектування потужності ливарного цеху;

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						13
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Зм		
Ар к.		
№ до ку м.		
Пі дп ис		
Да т		
<div>1</div> <div>Ар к</div>		

Інд. позиція	Найменування виробів і виливків	Маса виливка, кг	Масса детали	Кількість деталей на 1 виріб	Маса виливків на один виріб, кг	Річна програма					
						на основні		На запасні		Всього	
						шт	т	шт	т	шт	т
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ФЛ-61-1	Кришка нижня 1	1,9	1,52	1	1,9	3966	7,5354	440	0,84	4409	8,38
ФЛ-61-2	Опора 3	2,1	1,68	1	2,1	3966	8,3286	440	0,92	4409	9,26
ФЛ-61-3	Грибок 1	2,9	2,32	1	2,9	3966	11,5014	440	1,28	4409	12,79
ФЛ-61-4	Кришка нижня 2	3	2,4	1	3	3966	11,898	440	1,32	4409	13,23
ФЛ-61-5	Опора 4	3,1	2,48	1	3,1	3966	12,2946	440	1,36	4409	13,67
ФЛ-61-6	Грибок 2	3,6	2,88	1	3,6	3966	14,2776	440	1,58	4409	15,87
ФЛ-61-7	Кришка нижня 3	4,5	3,6	1	4,5	3966	17,847	440	1,98	4409	19,84
ФЛ-61-8	Кришка верхня 1	4,8	3,84	1	4,8	3966	19,0368	440	2,11	4409	21,16
ФЛ-61-9	Грибок 3	5,6	4,48	1	5,6	3966	22,2096	440	2,46	4409	24,69
ФЛ-61-10	Кришка верхня 2	6	4,8	1	6	3966	23,796	440	2,64	4409	26,45
ФЛ-61-11	Бугель 1	7	5,6	1	7	3966	27,762	440	3,08	4409	30,86

[illegible]

Зм		
Ар		
к.		
№ до ку м.		
Пі дп ис		
Да т		
1	А	рк

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ФЛ-61-26	Корпус редуктора 1	15,2	12,16	1	15,2	3966	60,283 2	440	6,69	4409	67,01
ФЛ-61-27	Кришка редуктора 1	16,1	12,88	1	16,1	3966	63,852 6	440	7,08	4409	70,98
ФЛ-61-28	Корпус вентиля 2	18	14,4	1	18	3966	71,388	440	7,92	4409	79,36
ФЛ-61-29	Станина 1	18,4	14,72	1	18,4	3966	72,974 4	440	8,10	4409	81,12
ФЛ-61-30	Чашка верхня 4	19,1	15,28	1	19,1	3966	75,750 6	440	8,40	4409	84,21
ФЛ-61-31	Бугель 4	19,3	15,36	1	19,3	3966	76,543 8	440	8,49	4409	85,09
Більше 20 кг											
ФЛ-61-32	Корпус редуктора 2	27,5	22	1	27,5	3966	109,06 5	440	12,10	4409	121,24
ФЛ-61-33	Станина 2	28,6	22,88	1	28,6	3966	113,42 8	440	12,58	4409	126,09
ФЛ-61-34	Кришка редуктора 2	31,1	24,88	1	31,1	3966	123,34 3	440	13,68	4409	137,11
ФЛ-61-35	Станина 3	37,4	29,92	1	37,4	3966	148,32 8	440	16,46	4409	164,89
ФЛ-61-36	Корпус редуктора 3	39,7	31,76	1	39,7	3966	157,45	440	17,47	4409	175,03
ФЛ-61-37	Корпус вентиля 3	40	32	1	40	396	158,6 4	440	17,60	4409	176,3 5
ФЛ-61-38	Кришка редуктора 3	43,4	34,72	1	43,4	3966	172,12 4	440	19,10	4409	191,34

Зм.

Ар.к.

№ док.м.

Підпис

Дата

1

А.РК

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
ФЛ-61-39	Станина 4	49,8	39,84	1	49,8	3966	197,507	440	21,91	4409	220,86
ФЛ-61-40	Корпус редуктора 4	58,1	46,48	1	58,1	3966	230,425	440	25,56	4409	256,15
ФЛ-61-41	Корпус вентиля 4	58,4	46,72	1	58,4	3966	231,614	440	25,70	4409	257,47
ФЛ-61-42	Кришка редуктора 4	64,2	51,36	1	64,2	3966	254,617	440	28,25	4409	283,04
Всього	771,2	616,72	42	771,2	166572	3058	18480	339,3	18519	3401,3	

2.1 Режим роботи цеху і фонди часу

На підставі аналізу виробничої програми, а також характеристики виробничого процесу – встановлюють такий режим роботи.

Виходячи з потужності відділення (3400 т. придатного литва на рік) та маси виливків виливків, що у ньому виготовляють (до 50 кг), встановлюємо паралельний режим роботи:

- Формування з локалізованою вибивною дільницею, що здійснюють за паралельним двозмінним режимом;
- Складання форм
- Заливання форм .

Відповідно до даного режиму роботи, встановлюємо фонди часу роботи як устаткування, так і робітників. При визначенні фондів часу виходять з кількості робочих днів, і вихідних відповідно, а також тривалості робочого дня .

Фонди часу роботи устаткування та робітників:

- Календарний час $\Phi_k = 365 \cdot 24 = 8760$ год;
- Номінальний фонд часу Φ_n – час який машина/механізм працює без відрахувань втрат часу;
- Φ_d – час, протягом якого, устаткування виконує повний цикл своєї роботи

Робочий тиждень: 40-годинний робочий тиждень; кількість робочих днів протягом року становить – 250 робочих днів.

Номінальний фонд часу розраховують за формулою:

$$\Phi_n = C \cdot \Gamma$$

де C – кількість робочих днів у році;

Γ - кількість годин, яка залежить від кількості змін, 1 зміна = 8 годин

$$\Phi_n = 250 \cdot 8 = 2000 \text{ год}$$

Для двозмінного режиму $\Phi_n = 250 \cdot 16 = 4000$ год

Дійсний фонд часу визначається відніманням від номінального непередбачуваних втрат, утрати часу на освоєння виробництва.

Дійсний фонд часу розраховується за формулою:

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Разроб.		Антоненко					
Перев.		Ямшинський					
Н. Контр.							
Затв.					КПІ ім. І. Сікорського,		
					Лит.	Аркуш	Аркушів
						18	

$$\Phi_d = \Phi_n - B$$

де В – витрати часу на освоєння виробництва, а також форс-мажорні обставини, В = 40 год

$$\Phi_d = 2000 - (4 \cdot 40) = 1840 \text{ год}$$

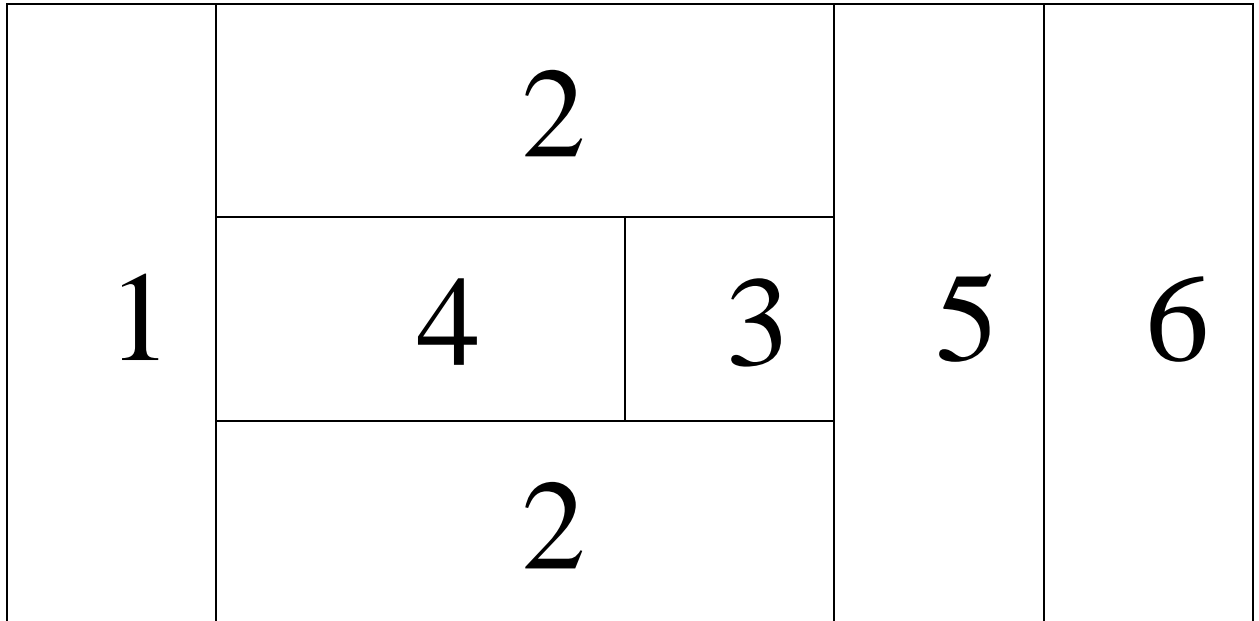
Всі дані щодо режиму роботи цеху і фондів часу зведено до таблиці 2.3

Таблиця 2.3

Індекс позиції	Назва відділення, дільниці , устаткування	Кількість робочих змін на добу	Дійсний річний фонд часу роботи, год	
			устаткування	робітника
1	Плавильне відділення з дільницею підготовки шихти	2	3680	1840
2	Формувальне відділення	2	3680	1840
3	Сумішоприготувальне відділення з бункерами для вихідних матеріалів і бункерами відстійниками	2	3680	1840
4	Стрижневе відділення із складами зберігання стрижнів і стрижневих ящиків	2	3680	1840
5	Дільниця термічного оброблення	3	5520	1840
6	Склади	2	3680	1840

2.2 Тип і структура ливарного цеху

На рисунку 1.1 відтворене компонування ливарного цеху, яке відносять до цехів серійного виробництва, з яким ми будемо в подальшому працювати.



1 – плавильне відділення і склад шихтових матеріалів;
 2 формувальнoскладально-заливально-вибивальне відділення;
 3 – сумішоприготувальне відділення; 4 – стрижневе відділення;
 5 – відділення фінішних операцій; 6 – склад готової продукції

Рисунок 1.1 Схема компонування ливарного цеху

3. Розрахунок формувального відділення ливарного цеху

Виливки ,вище вказаної номенклатури, будуть виготовлятися методом лиття у разові піщано-глинясті форми по-сирому. У формувальному відділенні здійснюються операції формування, складання, заливання, охолодження та вибивання форм.

3.1 Проектування відділення

Основним устаткування у формувально-складально-заливально-вибивальному відділенні є формувальні машини, автомати, лінії. Вхідними даними для розрахунку є кількість форм, розміри опок. Кількість форм, яку необхідно виготовити протягом року, наведена в табл. 3.1, а зведена відомість кількості форм – у табл. 3.2.

					ФЛ611.61301.1110.0000		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата	Розрахунок формувального відділення ливарного цеху		
Разроб.		Антоненко А.О					
Перев.		Ямшивнський					
Н. Контр.							
Затв.							
					Лит.	Аркуш	Аркушів
						21	
					КПІ ім. І. Сікорського, ІФФ		

Таблица 3.1

Код деталі	Деталь	Марка сплаву	Кількість виливків за рік, шт	Маса виливків, кг		Внутрішні розміри опок (L*B*H), мм	Кількість виливків у формі, шт.	Маса виливків у формі, кг	Кількість форм за рік, шт.	Об'єм форми, м3	
				одного	на річну програму					однієї	на річну програму
Перша массова группа до 20 кг											
ФЛ-61-1	Кришка нижня 1	СЧ-25	4409	1,9	8376,556017	400x200x150/150	1	1,9	4409	0,024	105,81
ФЛ-61-2	Опора 3	СЧ-25	4409	2,1	9258,298755		1	2,1	4409	0,024	105,81
ФЛ-61-3	Грибок 1	СЧ-25	4409	2,9	12785,26971		1	2,9	4409	0,024	105,81
ФЛ-61-4	Кришка нижня 2	СЧ-25	4409	3	13226,14108		1	3	4409	0,024	105,81
ФЛ-61-5	Опора 4	СЧ-25	4409	3,1	13667,01245		1	3,1	4409	0,024	105,81
ФЛ-61-6	Грибок 2	СЧ-25	4409	3,6	15871,36929		1	3,6	4409	0,024	105,81
ФЛ-61-7	Кришка нижня 3	СЧ-25	4409	4,5	19839,21162		1	4,5	4409	0,024	105,81
ФЛ-61-8	Кришка верхня 1	СЧ-25	4409	4,8	21161,82573		1	4,8	4409	0,024	105,81
ФЛ-61-9	Грибок 3	СЧ-25	4409	5,6	24688,79668		1	5,6	4409	0,024	105,81
ФЛ-61-10	Кришка верхня 2	СЧ-25	4409	6	26452,28216		1	6	4409	0,024	105,81
ФЛ-61-11	Бугель 1	СЧ-20	4409	7	30860,99585		1	7	4409	0,024	105,81
ФЛ-61-12	Кришка нижня 4	СЧ-25	4409	7	30860,99585		1	7	4409	0,024	105,81
ФЛ-61-13	Грибок 4	СЧ-25	4409	8,4	37033,19502		1	8,4	4409	0,024	105,81
ФЛ-61-14	Кришка верхня 3	СЧ-25	4409	8,6	37914,93776		1	8,6	4409	0,024	105,81
ФЛ-61-15	Чашка нижня 1	СЧ-25	4409	8,7	38355,80913		1	8,7	4409	0,024	105,81
ФЛ-61-16	Чашка верхня 1	СЧ-25	4409	8,8	38796,6805		1	8,8	4409	0,024	105,81

--

Зм.														
Ар к.														
№ до ку м.														
Пі дп ис														
Да т														

Таблиця 3.2 Зведення кількості форм

Потоков лінія або дільниця	Група виливків за масою, кг	Внутрішній розмір опок(ЛЧВЧН), мм	Річний випуск		Середньогоди- нна кількість форм
			виливків, т	форм, шт	
1	До 20	400x200x150/150	1162	136670	15,8
2	Більше 20	800x600x250/250	1896	48496	5,6

За даними внутрішніх розмірів опок вибираємо струшувальні машини з допресовуванням без перевертання півформ моделей 265М3 та 267М

Кількість формавальних машин розраховують за формулою

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		25

$$N = V_p / (K \cdot \Phi_d \cdot q)$$

Де: V_p – річна кількість форм на потоковій лінії, шт.;

q – циклова продуктивність лінії, форм/год.;

K – коефіцієнт браку форм і виливків, $K=0,96$.

Фонд часу для формувального обладнання:

- для машини 265МЗ приймаємо 1700 год, оскільки номенклатура для 1 потокової лінії більша, що призведе до більших втрат часу;
- для машини 267М приймаємо 1800 год.

$$N = \frac{136670 \cdot 1,1}{17 \cdot 1700} = 5,2 \text{ шт}$$

$$N = \frac{48496 \cdot 1,1}{17 \cdot 1800} = 1,7 \text{ шт}$$

Для забезпечення формувального відділення достатньою кількістю форм обираємо 6 формувальні машини моделі 265МЗ та 2 – 267М.

Розрахунок коефіцієнта завантаження:

$$K_z = N / n$$

де K_z – коефіцієнт завантаження;

N – розрахункова кількість машин;

n – прийнята кількість машин.

Для 1 потокової лінії коефіцієнт завантаження становить:

$$K_z = 5,2 / 6 = 0,87.$$

Для 2 потокової лінії коефіцієнт завантаження становить:

$$K_z = 1,7 / 2 = 0,85$$

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						26
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Потокова лінія або	Найменування виливків у групі литва	Внутрішній розмір опок	Середньогодинна кількість форм, шт	Модель машини	Продуктивність	Кількість струшувальних машин		Коефіцієнт завантаже- ння
						розрахунок ова	прийнята	
1	До 20	400x200x150/150	15,8	265M3	17	5,2	6	0,79
2	Більше 20	800x600x250/250	5,6	267M	13	1,7	2	0,84

Розрахунок парку опок для формувального відділення виконуємо залежно від їх циклу обертання

$$ПО=(1,25...1,30) \cdot Nф \cdot T,$$

де 1,25...1,30 – коефіцієнт, який враховує резерв і ремонт запасних опок;

Nф – кількість форм, яка виготовляється на лінії за одну годину;

T – цикл обертання опок, 3 год

$$ПО=1,25 \cdot 17 \cdot 3=63,75$$

Приймаємо 64 пар опок: 64 опоки розмірами 400x200x150, 64 – розмірами 400x200x150.

$$ПО=1,25 \cdot 13 \cdot 3=48,75$$

Приймаємо 49 пар опок: 49 опок розмірами 800x600x250мм, та 49 – розмірами 800x600x250 мм.

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						27
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4 .ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА «КОРПУС РЕДУКТОРА»

4.1.1 Загальна характеристика деталі

Деталь «Корпус редуктора» виготовляється із сірого чавуну марки СЧ 15, має масу 39 кг та габаритні розміри 586x292x188 мм.

Виливок відноситься за складністю конфігурації, до третьої групи – виливки середньої складності відкритої коробчастої або циліндричної форми.

За масою виливок відноситься до першої групи – дрібні виливки , ≤ 100 кг, маса виливка 39 кг.

Деталь тонкостінна, переважна товщина стінок 10 мм. Деталь має 13 наскрізних отворів, 18 різьбових отворів. Отвори литвом не виконуються.

Таблиця 4.1 Масова частка компонентів СЧ15:

Елемент	C,%	Si,%	Mn,%	P,%	S,%
Рекомендовано	3,5...3,7	2...2,4	0,5...0,8	<0.20	<0.15

Таблиця 4.2 - Механічні властивості чавуну марки СЧ 15 ГОСТ 1412-70

Інд. поз.	Найменування параметра	Значення не менше
1	Межа міцності при розтягуванні, МПа	150
2	Твердість, НВ	163-229

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ		
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			
Разроб.		Антоненко А.О			ТЕХНОЛОГІЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ВИЛИВКА «КОРПУС РЕДУКТОРА»	Лит.	Аркуш
Перев.		Ямшинський М.М					28
						КПІ ім. І. Сікорського,	
Н. Контр.							
Затв.							

4.1.2 Аналіз можливих способів виготовлення виливків

Спосіб виготовлення виливка приймався с урахуванням технічних умов(до виливка) ,серійність виробництва , тип сплаву та розмір виливка ,що впливає на вартість модельного оснащення та форми.

В виробництві (дрібносерійному,одиничному,серійному) виготовляють литтям у піщані форми ,а також використовують спеціальні види лиття, в оболонкові форми , відцентрове лиття , в кокіль тощо,

Даний виливок відноситься до литва і виготовляється в серійному виробництві , заливання та складання форм здійснюється на ливарному конвеєрі ,обраний вид литва – лиття в піщано-глинясті суміші по-сирому

Скоротити цикл виробництва, витрати енергії та покращити продуктивність праці під час виготовлення форм та вибивання виливків ,допомагає використання сирих форм

Струшувальні машини використовуємо для виготовлення ливаної форми

Піскодувні стрижневі машини для виготовлення стрижнів

На ливарному конвеєрі здійснюється складання та заливання форм

4.1.3 Вибір положення у формі та площини рознімання

Керуючись положенням ГОСТ3.1125-88 вибираємо положення виливка під час заливання та виборі площини розніму форми

- По можливості найбільш відповідальні, плоскі поверхні великої протяжності ,робочі частини , місця ,які підлягають механічному обробленню по можливості розмістити в нижній півформі;

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						29
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- Виливки, які мають внутрішні порожнини, що виконуються за допомогою стрижнів, вибране положення повинно забезпечити надійність кріплення стрижнів, а також можливість контролю розмірів порожнини форми при збиранні;

-Вибрати оптимальне положення виливка для забезпечення зручного підведення металу у форму а також її повне заповнення;

- Мінімальна кількість рознімів ,за можливістю один горизонтальний

-Забезпечити легке вилучення моделі при обраній площини розніму, без використання відокремлюваних частин.

Оскільки основна частина виливка має просту геометричну форму (коробчасте тіло), розмістити його горизонтально основною частиною в нижній півформі. Таке положення зручне для здійснення процесу формування, безперешкодного вилучення моделі з форми. Виливок розташований у верхній півформі. Підведення металу до виливка відбувається сифонним методом.

4.1.4 Усадка металу виливка

Усадка виливка (зміна об'єму та лінійних розмірів) проходить на всіх стадіях формування виливка із рідкого металу. Вона сприяє утворенню усадкових раковин та поруватості, ливарних напружень, гарячих та холодних тріщин, впливає на вагову точність виливка, його герметичність та щільність. Усадкові процеси, які протікають при формуванні виливка, визначаються хімічним складом металу, температурою його перегрівання над лінією ліквідусу, фазовими переходами в рідкому та твердому станах, наявністю домішок в металі та швидкістю відведення тепла як при кристалізації розплаву, так і при подальшому його охолодженні в формі.

За літературними даними ливарна (утруднена) усадка, чавунного сплаву марки СЧ-15 (ГОСТ 1412-85), становить $y = 0,8 \dots 1,0 \%$ [1].

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						30
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1.5 Припуски на механічне оброблення поверхонь виливка

Для забезпечення необхідної шорсткості робочих поверхонь, доведення основних контрольованих розмірів до номінальних, виправлення дефектів форми та розміщення, враховуючи вимоги, які ставляться до виливка та особливості способу лиття, припуски на механічне оброблення відповідно до ГОСТ 26645-85 наведені в табл. 4.3.

Таблиця 4.3 Припуски на механічне оброблення поверхонь виливка за ГОСТ 26645-85

Вихідні дані			
Найменування деталі		Корпус редуктора	
Маса деталі, кг		39	
Габаритні розміри деталі, мм		586x292x188	
Матеріал		СЧ 15	
Спосіб лиття		Лиття в сирі піщано-глинясті форми	
Твердість форми після ущільнення , спосіб формоутворення		Формування на струшувальній машині 233	
Точності виливка за ГОСТ 26645-85			
Клас розмірної точності виливка		8	
Ступінь жолоблення виливка		10	
Ступінь точності поверхонь		12	
Клас точності маси виливка		8	
Ряд припусків		2	
Номінальні розміри, мм			
292	Ø60	12	Ø70
Допуски розмірів виливка, мм			
2,0	1,2	0,9	1,4
Допуски форми та розміщення елементів виливка, мм			
2,4	1,0	1,0	1,0
Загальний допуск елемента виливка, мм			
4	3	2	3,2
Вид кінцевого механічного оброблення - чорнове			
Загальний припуск на сторону, мм			
2,6	2,1	1,2	1,6

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						31
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.1.6 Конфігурація та розміри стрижнів, стрижневих знаків

Для формування внутрішньої порожнини виливка та частини поверхні крила, використовуємо внутрішній та зовнішній стрижні. За допомогою стрижневих знаків здійснюється фіксація і встановлення піщаного стрижня. Конфігурація і розміри стрижневих знаків визначаються розмірами виливка і конфігурацією отворів, які оформлюються стрижнями. Вибір стрижневих знаків здійснюється залежно від розмірів стрижня та виливка відповідно до вимог ГОСТ 3212-92.

Застосовуємо вертикальні стрижні для виконання внутрішньої порожнини та частини зовнішньої поверхні крила.

Залежно від розміщення стрижня і його довжини вибираємо розміри знакових частин відносно площини розніму у формі.

Формувальні ухили показані на технологічному кресленнику «Корпус редуктора» та в табл. 4.4.

а

Таблиця 4.4 - Формувальні ухили та технологічні зазори

Позначка стрижня	Висота стрижня, мм	Габарит стрижня (A+B)/2, мм	Розмір знака, мм	Зазор (h_1) $S_1=S_2$, мм	Кут α
			Н		
Ст. №1	130	341	40 (висота)	1,0	7°
Ст. №2	43	210	20 (довжина)	0,5	10°

За масштабом креслення зображуємо стрижні та їх знаки суцільною тонкою синьою лінією (допустимо чорним кольором). Стрижні в розрізі штрихуються біля контурних ліній, довжина штрихових ліній 3...30 мм.

Напрямок ущільнення стрижнів позначаємо стрілками, літерам ВГ позначаємо місця виведення газів згідно з ГОСТ 3.1125-88.

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						32
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

4.2 Вибір типу та розрахунок розмірів опок

4.2.1 Розрахунок розмірів опок

Пристрій, що слугує для утримання формувальної суміші, надання йому міцності та жорсткості, виконанню під'ємнотранспортних операцій називається опокою. Точність геометрії і розміри виливків, які вимагаються, особливо у масовому та серійному виробництві, здатність крупних форм витримувати без руйнувань та деформацій значні напруження, що виникають при їх виготовленні, не можуть бути забезпечені без якісних, взаємозамінних, міцних за конструкцією.

Опока складається з: рамки, ребра жорсткості, елементів транспортування, елементів кріплення та центрування.

За розрахунком визначаються розміри опок, включаючи розміщення виливка у формі, розміщення ливникової системи та існуючих нормативних відстаней між виливками, й виливками до стінки опоки, необхідного шару суміші над і під виливком.

Одна з головних задач при виборі розмірів опок це до мінімум знизити витрату формувальної суміші

Зробимо попередній розрахунок розмірів опоки.

Довжина опоки:

$$L = a + l + g + e + a, \text{ мм} \quad (4.1)$$

де L – розрахункова довжина опоки, мм;

l – довжина виливка, мм;

a – відстань від стінок опоки до виливка, мм.

g – ширина шлаковловлювача, мм; $g=30\text{мм}$

e – довжина живильників, мм; $e=60\text{мм}$

$$L = 60 + 586 + 30 + 60 = 736 \text{ мм}$$

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						33
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Ширина опоки:

$$B=a + A + a \quad (4.2)$$

де B – розрахункова ширина опоки, мм;

A – ширина вилівка, мм;

a – відстань від стінок опоки до вилівка, мм.

$$B=60+292+60=412 \text{ мм};$$

Розроховуємо висоту верхньої опоки:

$$H_{\text{вер.оп.}} = H_{\text{вер.мод.}} + z \quad (4.3)$$

де $H_{\text{вер.мод.}}$ – частина моделі, яка знаходиться в верхній опоці, мм;

z – відстань від верха опоки до верха моделі, мм;

$$H_{\text{вер.оп.}} = 190+70= 230 \text{ мм};$$

Розраховані розміри опок:

$$736 \times 412 \times \frac{230}{230}$$

За ГОСТ 15004-69 обираємо опоки, що мають найближчі розміри:

$$800 \times 600 \times \frac{250}{250}$$

Опока 0272-0008 ГОСТ 14979-69.

4.2.2. Характеристика вибраних опок

Опоки бувають прямокутні, круглі та квадратні. Також вони можуть бути литі, зварні, збираються за допомогою болтів і комбіновані.

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		34

Для даної деталі використовуємо опоки, прямокутної форми з розмірами що вказані у попередньому пункті, литі чавунні.

Опоки, що застосовуються в автоматичних і автоматизованих лініях, повинні мати жорстку конструкцію і точні розміри як внутрішніх, так і зовнішніх порожнин, добре оброблені базові площини, зручне направляє і центрувальний пристрій для збирання двох напівформ. З метою повної взаємозамінності верхньої і нижньої опок застосовуються спеціальні симетричні опоки.

4.3. РОЗРАХУНОК ЛИВНИКОВОЇ СИСТЕМИ

4.3.1. Обґрунтування конструкції ливникової системи й місця підведення металу в форму

Ливниковою системою називається сукупність каналів, по яких підводиться рідкий метал до форми і канал для прийому металу. Ливникова система призначена для:

- забезпечення безупинної, рівномірної і спокійної подачі рідкого металу в форму;
- передбачення живлення виливка рідким металом під час його усадки й затвердіння;
- затримання проникнення піску, шлак та інших неметалевих включень у порожнину форми;

Не допустити руйнування форми від дії струменя металу.

Правильна конструкція виливка це одно з найважливіших умов отримання якісного продукту лиття . Вибираємо бокову ливникову систему враховуючи товщину стінки ,масу та розміри даного виливка. Для чавунних виливків, як в нашому випадку, застосовують закриту ливникову систему.

4.3.2. Розрахунок площ усіх елементів ливникової системи

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						35
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Площа перерізу живильників на один виливок складає:

$$\Sigma F_{\text{жив}} = \frac{Q_{\text{в}}}{\mu \tau 0,31 \sqrt{H_p}}, \quad (4.3.1)$$

де $Q_{\text{в}} = 1,25 Q_{\text{дет}} = 1,25 \cdot 39 = 48,75$ кг – маса виливка;

$\mu = 0,42$ – коефіцієнт втрати напору;

τ – тривалість заливання, с.

Так як $Q_{\text{в}} < 450$ кг то тривалість заливання форми розраховуємо за формулою:

$$\tau = S \sqrt[3]{Q_{\text{в}}}, \quad (4.3.2)$$

де $S = 1,35$;

$$\tau = 2,2 \sqrt[3]{48,75} = 8,03 \text{ с};$$

H_p – розрахунковий металостатичний напір, см.

$$H_p = H_o - \frac{P^2}{2C} \quad (4.3.3)$$

де $H_o = 25$ - відстань від рівня введення в порожнину ливарної форми до рівня металу, см;

$P = 19$ – висота частини виливка в верхній півформі, см

$C = 19$ – висота виливка в положенні при заливанні, см.

$$H_p = 25 - \frac{19^2}{2 \cdot 19} = 15,5 \text{ см}$$

Отримаємо значення площі перерізу живильників:

$$\Sigma F_{\text{жив}} = \frac{48,75}{0,31 \cdot 8,03 \cdot 0,42 \sqrt{15,5}} = 11,84 \text{ см}^2$$

Співвідношення елементів ливникової системи:

$$\Sigma F_{\text{жив}} : \Sigma F_{\text{шт}} : \Sigma F_{\text{ст}} = 1 : 1,06 : 1,1 \quad (4.3.4)$$

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						36
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де $F_{жив} = 5,92$ - перетин живильника, $см^2$

Тоді сумарний перетин елементів складає:

$$\Sigma F_{шл} = 1,06 \cdot 11,84 = 12,55 \text{ см}^2$$

$$\Sigma F_{ст} = 1,1 \cdot 11,84 = 13,02 \text{ см}^2$$

Ширина живильника:

$$b_{жив} = \frac{F_{жив}}{h_{жив}} \quad (4.3.5)$$

$$b_{жив} = \frac{592}{24} = 25 \text{ мм}$$

$$b_1 = 30 \text{ мм}, b_2 = 20 \text{ мм}$$

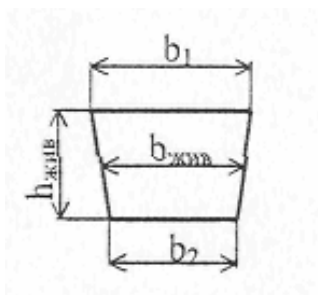


Рис. 3.1 – Живильник

Приймаємо шлаковловлювач трапецієвидної форми з відповідними лінійними розмірами:

$$F_{шл} = h_{шл} b_{шл} \quad (4.3.6)$$

$$h_{шл} = (2..3) h_{жив} \quad (4.3.7)$$

$$h_{шл} = 50 \text{ мм} \quad b_{шл} = 25 \text{ мм}$$

$$b_1 = 20 \text{ мм} \quad b_2 = 30 \text{ мм}$$

Стояк має круглий переріз і виконується конусним з ухилом 3...5°:

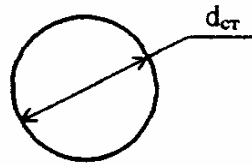


Рис 4.3.2 – Стояк

Діаметр стояка:

$$d_{cm} = \sqrt{\frac{4F_{cm}}{\pi}} \quad (4.3.8)$$

$$d_{cm} = \sqrt{\frac{4 \cdot 13,02}{3,14}} = 4,1 \text{ см} = 41 \text{ мм}$$

4.5 Формувальні та стрижневі суміші

4.5.1. Обґрунтування вибору складу сумішей

Для виготовлення виливків різноманітних деталей і їх елементів на сучасних ливарних підприємствах використовуються разові ливарні форми. Відповідно до умов технології ливарного процесу, для виготовлення таких ливарних форм використовуються спеціальні суміші для лиття, що представляють собою поєднання високовогнетривких речовин (азбест, шамот) з піщано-глинистими складовими.

Компоненти, що входять до складів для лиття, можуть бути як природного, так і штучного походження (синтетичні). В результаті змішування складових формувальних сумішей в певних пропорціях, готові склади можуть мати заздалегідь заданими властивостями і мати потрібну податливість, вогнетривкість, міцність, газопроникність і так далі.

4.5.2 Рецептатура та властивості суміші

Склад формувальної та стрижневої суміші, визначаємо за способом

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						38
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

формування і видом сплаву.

Для виготовлення стрижнів застосовуємо хімічнотвердну суміш а для виготовлення форм застосовуємо формувальні суміші по-сирому,. Склад та властивості вибраних сумішей заносимо в таблицю 4.4.1 та 4.4.2.

Таблиця 4.5.1– Властивості та склад суміші для формування по-сирому

Вид суміші	Склад суміші, мас.%						Властивості		
	оборотна суміш	кварцовий пісок		каолінова глина	Л С Т	Кам'яновугільн	газопроникність, од	міцність при стиску, МПа	вологість, %
		кількість	зернов а група, мм						
Єдина для машинного формування	80...88	9,5...16,5	0,25	2...3	0,5	1,0	100...120	0,04...0,06	4...4,5

Використовуємо каолінову глину для вищої термічної стійкості а також для багаторазового використання

Таблиця 4.4.2 – Склад та властивості ХТС зі смолами

Склад ХТС, мас.			Властивості			
Марка смоли	Вміст смоли у суміші, мас. част.	Затверджувач H_3PO_4	Живучість, хв.	Міцність при розриванні через 1 год. МПа	Міцність при розриванні через 24 год.	Час твердіння, хв.
БС-40	1,8...2,0	0,6...0,8	5...10	0,15...0,20	0,8...1,0	До 40

За ГОСТ 2138-91 обираємо кварцовий пісок ,який ми використовуємо для Стрижневої та формувальної сумішей як наповнювач

4.5.3 Методи запобігання утворення пригару

Використовуємо протипригарну самовисихаючу фарбу щоб запобігти утворенню пригару (табл.4.3),фарбуємо лише стрижень, оскільки форма сира, і в суміш вводиться протипригарна добавка (табл.4.1).

Таблиця 4.5.3 – Властивості та склад протипригарної самовисихаючої фарби

Вогнетривка основа, графіт приховано-кристалічний, %	Зв'язувальний компонент, нітролак 68, %	Розчинник уайт-спірит, %	Густина
37	37	13	1250...1300

4.5.4 Технологія приготування сумішей та фарб

Перемішування компонентів до повного розподілу та покриття поверхонь виливка зв'язуючим компонентом це два основних правила.

У коткових змішувачах безперервної здійснюється приготування піщано-глинястої суміші.

Лопатевих змішувачах безперервної дії здійснюється виготовлення ХТС.

Процес приготування сумішей складається з наведених нижче операцій:

- дозування усіх компонентів;
- завантажування їх у змішувачі в певній послідовності, спочатку подаються сухі компоненти(оборотна суміш, кварцовий пісок, глина), а потім вода;
- перемішування компонентів для забезпечення однорідності та заданих властивостей готових сумішей.

Спочатку готують рідку композицію з розчину зв'язувального компонента, суспензувальних та інших речовин, які утворюють колоїдний розчин. Вміст розчинника в композиції на 20...30% менший від тієї кількості, яка необхідна для одержання суспензії із заданою густиною.

Фарбо змішувач механічний з частотою обертання 120 обертів на хвилину.

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		41

4.6 Характеристика модельного комплекту

4.6.1 Обґрунтування вибраного матеріалу

Використовуємо алюмінієвий сплав АК12 ГОСТ 1583-93 з 6 класом точності

Переваги над дерев'яними: довгочинність, вища точність, сталість розмірів, робоча поверхня гладка, під час зберігання не підлягають деформації

4.6.2 Склад модельного комплекту

Модельний комплекс складається з:

- модельної плити - 2 шт.
- моделі вилівка (роз'ємної) - 1 шт
- моделі елементів ливникової системи : 2 живильників, 1 шлаковловлювач, 1 стояк;
- стрижневий ящик - 2 шт.

4.6.3 Конструкційні моделі, їх особливості

Модель роз'ємна. Товщина стінки 10мм, зроблено це в цілях економії матеріалу ГОСТ 21079-75. Ребра з товщиною 8 мм у порожнині виконуються для жорсткості моделі ГОСТ 21079-75.

Стрижневий ящик роз'ємний, за конструкцією. Виготовляється з 2-х частин. Горизонтальна площа розніму. Робочі розміри ящика 520x200x170 мм. Скріплюємо ящик гвинтами, centruємо штирями.

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						42
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стрижневі знаки моделі виконуються за розмірами, вказаними в табл. 1.5 з дотриманням вимог ГОСТ 3212-92.

Готову модель фарбуємо за ГОСТ 3212-92.

Розміри моделей вилівка розраховуємо за формулою:

$$\alpha = l_p * (1 + Y/100), \quad (5.1)$$

де l_p - розмір деталі, мм

Y – усадка вилівка, %

$$\alpha_1 = 188 * (1 + 0,8/100) = 190 \text{ мм}$$

$$\alpha_2 = 292 * (1 + 0,8/100) = 295 \text{ мм}$$

$$\alpha_3 = 586 * (1 + 0,8/100) = 590 \text{ мм}$$

Кріплення моделей на модельній плиті здійснюємо 14-ма болтами М8, центрування моделей на модельній плиті здійснюємо за допомогою 6 штифтів.

4.6.6 Знаки, галтелі ,колір фарбування ,марка фарб

Галтелі для моделей мають радіус 8...10 мм , для стрижневих ящиків мають радіус 4...5 мм.

Стрижневі знаки на моделі виконуються за ГОСТ 3212-92 так як показано на кресленні 1.

Приготовлені моделі фарбуємо за ГОСТ 3212-92:

- модельний комплект, що використовується для виготовлення виливків з чавуну у червоний колір .

- поверхні стрижневих знаків та інших частин, що не заливаються ,у чорний колір

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		43

4.7. Опис технології виготовлення виливка

4.7.1 Порядок виконання операцій при формуванні, складанні заливанні та вибивання форми

Виливок відноситься до середнього литва, отже форми оптимально виготовляти на струшувальній формувальній машині з допресуванням і без перевертання півформ.

Послідовність виготовлення форм а також їх заливання описана нижче:

- модельні плити верху та низу із закріпленими на них моделями виливків та елементів ливникової системи встановлюють на плиту формувальної машини;
- встановлюють опоки, centruють та фіксують відносно модельних плит;
- поверхню моделей та модельних плит покривають розділовим покриттям;
- опоки заповнюються ПГС;
- вмикають режим струшування, відбувається ущільнення суміші;
- підводять пресову траверсу в робочий стан;
- здійснюють допресування верхніх шарів півформи;
- надлишок суміші зрізають;
- Для вилучення моделей піднімають штифти;
- витягування моделей;
- повернення траверси у вихідний стан;
- повернення штифтів у вихідний стан;
- верхню півформу кантують;
- транспортують півформи на ділянку складання форм;
- проставляють у нижню півформу стрижні;
- встановлюють напрямівні і центрувальні штирі;
- накривають нижню півформу верхньою;
- скріплюють півформи скобами;
- встановлюють на форму випори;

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						44
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- транспортують форму на ділянку заливки;
- заливають форму чавуном марки СЧ15 з ковша з носиком;
- охолоджують залиті форми на ділянці охолодження до температури виливка $\approx 400^{\circ}\text{C}$;
- вибивають форми на інерційній вибивній ґратці на ділянці вибивання.

4.7.2 Устаткування та інструменти

У процесі виготовлення форм та стрижнів використовується устаткування описане нижче: струшувальну формувальну машину з допресуванням і без перевертання півформ типу 267М для виготовлення форм, піскодувна стрижнева машина моделі 91285 для виготовлення стрижнів, лопатевий змішувач безперервної дії 19611 для приготування стрижневої суміші, фарбозмішувач для приготування протипригарної фарби, вибивна решітка моделі 31213.

4.7.3 Технологія виготовлення стрижнів

Для повного відтворення внутрішньої та зовнішньої конфігурації виливка застосовуємо два стрижні.

Стрижневий ящик виконуємо з алюмінієвого сплаву. Тип ящика, роз'ємний (з горизонтальним плоским роз'ємом з двох половинок), за допомогою якого виготовляємо стрижень.

Каркас виконуємо дотовий сталевий відповідно конфігурації стрижня.

Послідовність виготовлення стрижнів

- робочі поверхні стрижневого ящика покривають розділовим покриттям;
- встановлюється каркас;
- половинки стрижневого ящика скріплюють;
- заповнюють стрижневий ящик стрижневою сумішшю;
- витримують стрижень 30...40 хв в стрижневому ящику для твердіння суміші;

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						45
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

- розкривають стрижневий ящик та виймають стрижень;
- фарбують стрижень протипригарною фарбою;
- витримують стрижень протягом години для висихання фарби;
- готовий стрижень транспортують на дільницю складання форм.

4.7.4 Фінішні операції

Виливки після видалення з ливарних форм тривалий час охолоджують, а потім їх передають у відділення фінішних операцій, де надають їм належного товарного вигляду.

Елементи ливникової системи від виливків відбивають кувалдою.

Дробометальні камери використовують для видалення стрижнів та очищення виливків. Таке очищення виконується потоком чавунного або сталевго дробу, який спрямовується на поверхню виливка спеціальними головками або апаратами.

Висока продуктивність і якість очищення виливків досягається високою швидкістю потоку дробу (70...80 м/с), яка створюється робочим колесом ротора, що обертається зі швидкістю близько 2500 хв⁻¹.

Обрубкування виливків виконують пневматичними молотками із зубилами та повітряно-дуговим різанням.

Термічне оброблення виливків із сірого чавуну, марки СЧ20, є економічно не вигідним, через малу міцність даної марки чавуну. Інколи для зняття внутрішніх напружень у виливках складної конфігурації із сірого чавуну використовують штучне, частіше природне, старіння, а іноді – низькотемпературний відпал 500...600 °С для зняття внутрішніх напружень протягом 2...4 год., нагріванням зі швидкістю 70...100 °С/год., охолодженням зі швидкістю 20...50°С/год. до 250°С із подальшим охолодженням на повітрі.

В нашому випадку, термічне оброблення потрібне, бо виливок тонкостінний, із стрижнями, є великі залишкові напруження.

Наступна операція – це контроль якості виливків, який складається з двох етапів – проміжного і остаточного. Проміжний контроль здійснюють у процесі очищення, обрубкування і зачищення виливків для вилучення із технологічного

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						46
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

потокі бракованих і дефектних виливків до термічного оброблення, а другий – для приймання виливків, які пройшли повний цикл оброблення.

Після виконання вище названих операцій виливки транспортують на склад готової продукції.

4.7.5 Можливі дефекти виливка

До можливих дефектів виливка можуть відноситись дефекти (табл 4.7.1):

Таблиця 4.7.1 – Можливі дефекти виливка

Дефект	Причина	Заходи щодо попередження
Невідповідність геометрії		
Стрижневий перекіс	Перекіс стрижня під час проставлення його у форму	Рівномірне опускання стрижня у знакові частини
Дефекти поверхні		
Пригар	Фізична та хімічна взаємодія матеріалу форми з металом виливка	Застосування протипригарних фарб
Несуцільності у тілі виливка		
Газова раковина	Мала газопроникність форми	Збільшити кількість газовивідних каналів
Жолоблення	Значні залишкові напруження при охолодженні через нерівномірність охолодження	Збільшити податливість форми, підвищити технологічну дисципліну

5 ТЕХНОЛОГІЧНЕ УСТАТКОВАННЯ

5.1 Призначення машини та область її використання

Формувальні машини без обертання напівформ призначені для формування верхніх півформ та нижніх півформ, які перевертаються допоміжними пристроями. Ущільнення машинами формувальної суміші в опоках здійснюється струшуванням з допресуванням.

Струшувальні формувальні машини такого типу застосовуються у ливарних цехах середнього та дрібносерійного виробництва, де їх застосування є економічно доцільним [1].

При ущільненні суміші в опоці на струшувальній формувальній машині, стіл машини з опокою піднімається на висоту 30...120 мм і, падаючи з цієї висоти, вдаряється об фланець. Ущільнення суміші в опоці проходить при ударі стола під дією сил інерції суміші. Знімання опок проводиться за допомогою протяжної рамки[4].

Вихідними параметрами при проектуванні формувальної машини є вантажопідйомність (сумарна маса опоки, модельного оснащення і суміші) і розміри опоки. Необхідні для проектування формувальної машини дані визначають розрахунком. Розрахунок полягає у визначенні основних конструктивних параметрів струшувального механізму машини і в перевірці міцності її навантажених деталей – стійок, струшувальних столів, струшувальних поршнів, деталей механізмів повороту.

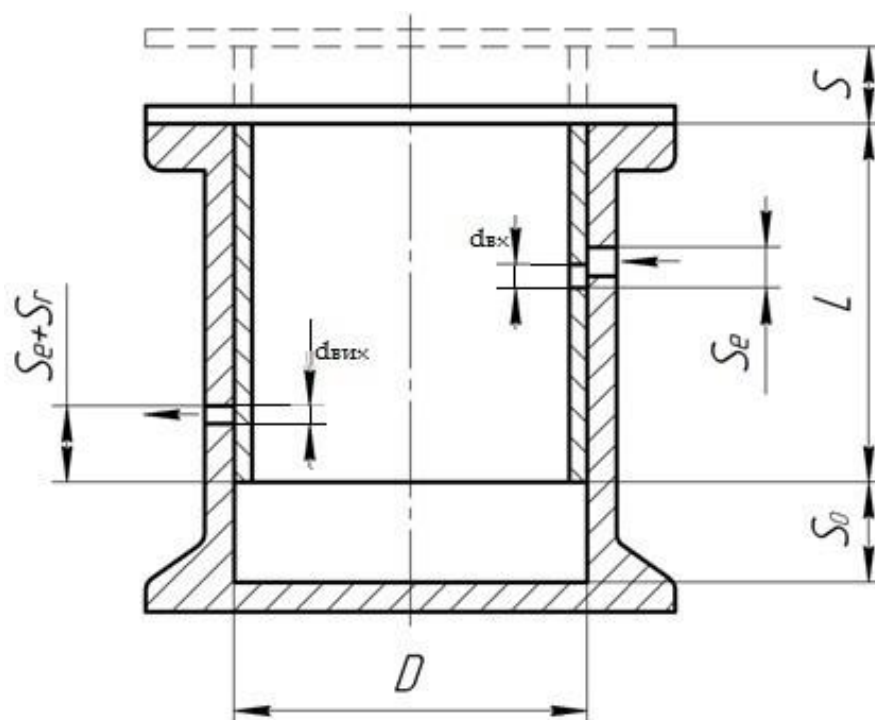
5.2 Розрахунок основних конструктивних параметрів

Вихідні дані:

– розміри опоки у просвіті: $A \times B \times H = 800 \times 600 \times 250$ мм;

					ФЛ61.61301.1110.0000 ПЗ		
Змн.	Арк.	№ докум.		Дата	ТЕХНОЛОГІЧНЕ УСТАТКОВАННЯ		
Розроб.	Антоненко						
Перевір.	Ямшинський						
Реценз.							
Н. Контр.	.						
Затверд.							
					Літ.	Арк.	Аркушів
						48	
					КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ		

- середній ступінь ущільнення суміші: $\delta=1700 \text{ кг/м}^3$;
- тиск повітря в мережі: $P_0=5 \text{ кг/см}^2$.



S – висота підйому поршня, см; S_0 – висота шкідливого простору, см; S_e – шлях наповнення, см; S_r – шлях розширення, см; L – довжина поршня, см; D – діаметр поршня, см; $d_{вх}$ – діаметр впускного отвору, мм; $d_{вих}$ – діаметр вихлопного отвору, мм

Рисунок 5.1 – Розрахункова схема струшувальної машини

5.2.1 Визначення маси корисного навантаження

Масу корисного навантаження визначаємо за формулою:

$$Q_1 = Q_{оп} + Q_{ст} + Q_{підм} + Q_{мод}, \quad (5.1)$$

де Q_1 – маса корисного навантаження, кг;

$Q_{оп}$ – маса опоки, кг;

$Q_{ст}$ – маса суміші, кг;

$Q_{підм}$ – маса підмодельної плити, кг;

$Q_{мод}$ – маса модельного оснащення, кг.

					ФЛ61.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						49
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Відповідно ГОСТ 14979-69– $Q_{оп} = 89$ кг.

Масу суміші $Q_{ст}$ визначаємо за формулою:

$$Q_{ст} = V_{оп} \cdot \delta = A \times B \times H \cdot \delta, \quad (5.2)$$

де $V_{оп}$ – об'єм опоки, m^3 ;

δ – ступінь ущільнення суміші, $кг/м^3$;

$A \times B \times H$ – розмір опоки у просвіті, м.

Підставивши дані у формулу (5.2), отримуємо:

$$Q_{ст} = 0.8 \cdot 0.6 \cdot 0.25 \cdot 1200 = 144 \text{ кг.}$$

Відповідно до ГОСТ 20112-74: $Q_{підм} = 110$ кг.

Масу модельного оснащення приймемо 30 кг.

Підставивши дані у формулу (5.1), отримуємо:

$$Q_1 = 89 + 144 + 110 + 30 = 373 \text{ кг}$$

5.2.2 Визначення маси рухомих частин машини

Масу рухомих частин машини визначаємо за формулою:

$$Q_2 = k \cdot Q_1, \quad (5.3)$$

де Q_2 – маса рухомих частин машини, кг;

k – коефіцієнт, який залежить від маси корисного навантаження.

Приймаємо: $k=1,25$;

Q_1 – маса корисного навантаження машини, кг.

Підставивши дані в формулу (5.3), отримуємо:

$$Q_2 = 1,25 \cdot 373 = 466 \text{ кг.}$$

					ФЛ61.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						50
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.2.3 Визначення загальної вантажопідйомності струшувального механізму

Загальну вантажопідйомність струшувального механізму визначаємо за формулою:

$$Q = Q_1 + Q_2, \quad (5.4)$$

де Q – загальна вантажопідйомність струшувального механізму, кг;

Q_1 – маса корисного навантаження машини, кг;

Q_2 – маса рухомих частин машини, кг.

Підставивши дані в формулу (5.4), отримуємо:

$$Q = 373 + 466 = 839 \text{ кг.}$$

5.2.4 Визначення сили тертя при переміщенні поршня

Силу тертя при переміщенні поршня визначаємо за формулою:

$$R = k_1 \cdot Q, \quad (5.5)$$

де R – сила тертя при переміщенні поршня, кг;

k_1 – коефіцієнт, який залежить від вантажопідйомності;

					ФЛ61.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						51
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$k_1 = 0,15 \dots 0,25$; приймаємо $k_1 = 0,20$;

Q – загальна вантажопідйомність струшувального механізму, кг.

Підставивши дані в формулу (5.5), отримуємо:

$$R = 0,20 \cdot 839 = 168 \text{ кг.}$$

5.2.5 Визначення площі струшувального поршня

Площу струшувального поршня визначаємо за формулою:

$$F = \frac{Q+R}{P_0-1} \quad (5.6)$$

де F – площа струшувального поршня, см^2 ;

Q – загальна вантажопідйомність струшувального механізму, кг;

R – сила тертя при переміщенні поршня, кг;

P_0 – тиск повітря в мережі, кг/см^2 .

Підставивши дані у формулу (5.6), отримуємо:

$$F = \frac{839+168}{5-1} = 167$$

З урахуванням можливих витікань повітря, площа поршня приймається на 5...10% більша, ніж розрахункова:

					ФЛ61.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						52
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$F= 180$$

5.2.6 Визначення діаметра струшувального поршня

Діаметр струшувального поршня визначаємо за формулою:

$$D=\sqrt{\frac{4\cdot F}{\pi}}, \quad (5.7)$$

де D – діаметр поршня, см;

F – площа круга .

Підставивши дані у формулу (5.7), отримуємо:

$$D = \sqrt{\frac{4\cdot 180}{3.14}} = 15.1 \text{ см} \approx 15 \text{ см} = 250 \text{ мм}.$$

5.3 Індикаторна діаграма струшувального механізму

Індикаторна діаграма – це графік залежності зміни тиску повітря у струшувальному механізмі від висоти підйому стола (рис. 5.2).

					ФЛ61.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						53
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

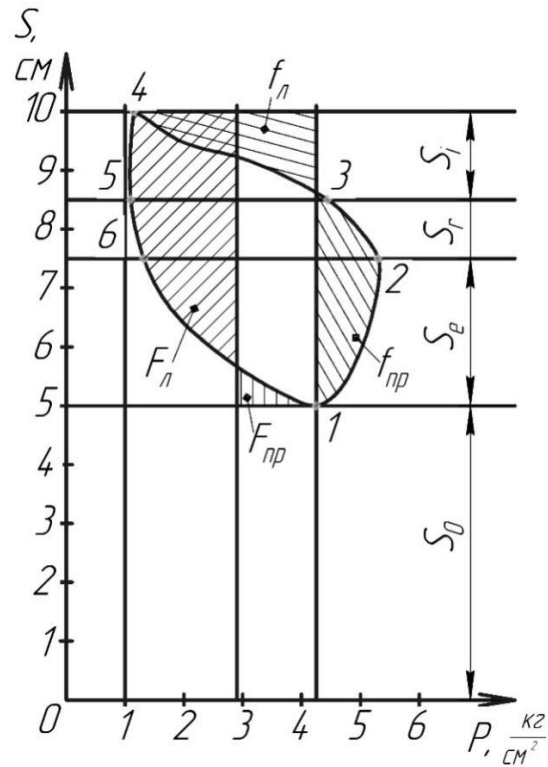


Рисунок 5.2 – Індикаторна діаграма струшувального механізму

5.3.1 Визначення висоти підйому стола

Задаємося висотою підйому стола.

Згідно рекомендацій [1], висота підйому становить:

$$S = 4...12 \text{ см.}$$

Приймаємо значення: $S = 8 \text{ см.}$

5.3.2 Координати точки 1 (початок руху поршня вгору)

Для визначення тиску використовують формулу:

					ФЛ61.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		54

$$P_1 = 1 + \frac{Q+R}{F}, \quad (5.8)$$

де P_1 – тиск навантаження в точці 1, кг/см²;

Q – маса загального навантаження, кг;

R – сила тертя, кг;

F – площа поршня, .

Підставивши дані у формулу (5.8), отримуємо:

$$P_2 = 1 + \frac{839+168}{180} = 6,59 \text{ кг/см}^2$$

Висоту підйому поршня в момент початку руху S_1 визначаємо залежно від висоти S_0 шкідливого простору: $S_1 = S_0$.

Для струшувальних механізмів значення S_0 вибирають у межах $(0,75 \dots 1,0) \cdot S$. Приймаємо $S_0 = 1 \cdot S = 8 \text{ см}$.

5.3.3 Координати точки 2 (момент закриття впускного отвору)

Згідно з рекомендаціями Аксьонова [2], тиск P_2 визначаємо за формулою:

$$P_2 = P_1 + 1, \quad (5.9)$$

					ФЛ61.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						55
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де P_2 – тиск у точці 2, кг/см^2

P_1 – тиск навантаження у точці 1, кг/см^2 .

Підставивши дані у формулу (5.9), отримуємо:

$$P_2 = 6,59 + 1 = 7,59 \text{ кг/см}^2.$$

Висоту підйому поршня в момент відсікання повітря S_2 визначаємо за формулою:

$$S_2 = S_0 + S_e, \quad (5.10)$$

де S_2 – висота підйому в момент відсікання, см;

S_0 – висота шкідливого підйому, см;

S_e – висота шляху наповнення, см.

Шлях наповнення за рекомендаціями [1], визначається наступним чином:

$$S_e = (0,4 \dots 0,5) \cdot S. \text{ Приймаємо } S_e = 0,5 \cdot 8 = 4 \text{ см.}$$

Підставивши дані у формулу (5.10), отримуємо:

$$S_2 = 8 + 4 = 12 \text{ см.}$$

					ФЛ61.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						56
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3.4 Координати точки 3 (момент відкриття вихлопного отвору)

Висоту підйому поршня в момент відкриття вихлопного отвору S_3 визначаємо за формулою:

$$S_3 = S_0 + S_e + S_r, \quad (5.11)$$

де S_0 – висота шкідливого простору, см

S_e – шлях наповнення, см.

S_r – шлях розширення, см.

$$S_r = (0,2 \dots 0,4) \cdot S_e, \quad (5.12)$$

де S_r – шлях розширення, см;

S_e – шлях наповнення, см.

Підставивши дані у формулу (5.12), отримуємо:

$$S_r = 0,3 \cdot 4 = 1,2 \text{ см.}$$

Підставивши дані у формулу (5.11), отримуємо:

$$S_3 = 8 + 4 + 1,2 = 13,2 \text{ см.}$$

Тиск повітря у кінці розширення P_3 визначаємо за формулою:

					ФЛ61.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						57
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_3 = P_2 \cdot \left(\frac{S_0 + S_e}{S_0 + S_E + S_r} \right)^k \quad (5.13)$$

де P_3 – тиск у точці 3, кг/см²;

P_2 – тиск у точці 2, кг/см²;

S_0 – висота шкідливого підйому, см;

S_e – шлях наповнення, см;

S_r – шлях розширення, см;

K – показник адіабати, $k=1,41$

Підставивши дані у формулу (5.13), отримуємо:

$$P_3 = 7,59 \cdot \left(\frac{8+4}{8+4+1,2} \right)^{1,41} = 6,63 \text{ кг/см}^2$$

5.3.5 Координати точки 4 (найвище підняття поршня)

Максимальну висоту підйому поршня S_4 визначаємо за формулою:

$$S_4 = S_0 + S_e + S_r + S_L = S_0 + S, \quad (5.14)$$

де S_0 – висота шкідливого простору, см;

S_e – шлях наповнення, см;

S_r – шлях розширення, см;

					ФЛ61.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						58
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

S_L - шлях руху за інерцією, см.

Підставивши дані у формулу (5.14), отримуємо:

$$S_4 = 8 + 8 = 16 \text{ см.}$$

За рекомендаціями Аксьонова [1], тиск у точці 4: $P_4 = 1 + 0,2 = 1,2 \text{ кг/см}^2$

5.3.6 Координати точки 5 (момент закриття вихлопного отвору)

Згідно з рекомендаціями [1], тиск P_5 визначаємо так:

$$P_5 = 1 + (0,1 \dots 0,15) = 1,15 \text{ кг/см}^2 \quad .$$

Висоту підйому поршня в момент закриття вихлопного отвору S_5 визначаємо:

$$S_5 = S_3 = 13,2 \text{ см.}$$

5.3.7 Координати точки 6 (момент відкриття впускного отвору)

Висоту підйому поршня в момент відкриття впускного отвору S_6 визначаємо за формулою:

$$S_6 = S_2 = S_0 + S_e, \quad (5.15)$$

					ФЛ61.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						59
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де S_6 – висота підйому в точці 6, см;

S_0 – висота шкідливого простору, см;

S_e – шлях наповнення, см.

Підставивши дані у формулу (5.15), отримуємо:

$$S_6 = 8 + 4 = 12 \text{ см.}$$

Тиск повітря в момент відкриття впускного отвору P_6 визначаємо за формулою:

$$P_6 = P_5 \cdot \left(\frac{s_r + s_0 + s_e}{s_0 + s_e} \right)^k \quad (5.16)$$

де P_6 – тиск у точці 6, кг/см²;

P_5 – тиск у точці 5, кг/см²

S_0 – висота шкідливого простору, см;

S_e – шлях наповнення, см;

S_r – шлях розширення, см;

K – показник адіабати.

Підставивши дані у формулу (5.16), отримуємо:

					ФЛ61.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						60
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$P_6 = 1,15 \cdot \left(\frac{8+4+1,2}{8+4} \right)^{1,41} = 1,31 \text{ кг/см}^2.$$

5.3.8. Визначення положення лінії Е та питомої енергії удару

Значення тиску на лінії Е визначається за формулою:

$$P_1 = 1 + \frac{Q-R}{F}, \quad (5.17)$$

де P_1 – тиск навантаження у точці 1, кг/см^2 ;

Q – маса загального навантаження, кг ;

R – сила тертя, кг ;

F – площа поршня, .

см^2

Підставивши дані у формулу (5.17), отримуємо:

$$P_1 = 1 + \frac{839-168}{180} = 4,73 \text{ кг/см}^2.$$

Питому енергію удару визначаємо за формулою:

$$e = F_{\text{л}} - F_{\text{пр}}, \quad (5.18)$$

					ФЛ61.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						61
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де e – питома енергія удару, $\frac{\text{кг}\cdot\text{см}}{\text{см}^2}$;

$F_{\text{л}}, F_{\text{пр}}$ – відповідні площі на індикаторній діаграмі, см^2 .

Площі $F_{\text{л}}, F_{\text{пр}}$ визначаємо після побудови індикаторної діаграми, що зображена на рис. 5.2, шляхом підрахунку кількості клітинок, обмежених діаграмою. Із діаграми: $F_{\text{л}}=11,2 \text{ см}^2$; $F_{\text{пр}}=0,7 \text{ см}^2$.

Підставивши дані в формулу (5.18), отримуємо:

$$e = 11,2 - 0,7 = 10,5 \frac{\text{кг}\cdot\text{см}}{\text{см}^2};$$

5.3.9 Визначення питомої енергії удару на 1 кг частин, що падають

Питому енергії удару на 1 кг частин, що падають, визначаємо за формулою:

$$e' = \frac{e \cdot F}{Q} \quad (5.19)$$

де e' – питома енергія удару на 1 кг частин, що падають, $\frac{\text{кг}\cdot\text{см}}{\text{кг}}$;

e – питома енергія удару, $\frac{\text{кг}\cdot\text{см}}{\text{см}^2}$;;

F – площа поршня, см^2 ;

Q – загальна вантажопідйомність струшувального механізму, кг.

Підставивши дані в формулу (5.19), отримуємо:

$$e' = \frac{10,3 \cdot 180}{839} = 2,21 \frac{\text{кг}\cdot\text{см}}{\text{кг}}$$

5.3.10 Визначення питомої енергії відбиття

					ФЛ61.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						62
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Питому енергію відбиття визначаємо за формулою:

$$e_0 = f_{\text{лів}} - f_{\text{пр}}, \quad (5.20)$$

де e_0 – питома енергія відбиття, $\frac{\text{кг} \cdot \text{см}}{\text{см}^2}$;

$f_{\text{лів}}, f_{\text{пр}}$ – відповідні площі на індикаторній діаграмі, см^2 .

Площі $f_{\text{лів}}, f_{\text{пр}}$ визначаємо після побудови індикаторної діаграми, що зображена на рис. 5.3, шляхом підрахунку кількості клітинок, обмежених діаграмою. Із діаграми: $f_{\text{л}} = 5,37 \text{ см}^2$; $f_{\text{пр}} = 2,40 \text{ см}^2$.

Підставивши дані у формулу (5.20), отримуємо:

$$e_0 = 5,37 - 2,40 = 2,97 \frac{\text{кг} \cdot \text{см}}{\text{см}^2}.$$

5.3.11 Визначення питомої енергії відбиття на 1 кг частин, що падають

Питому енергію відбиття на 1 кг частин, що падають, визначаємо за формулою:

$$e_0' = \frac{e_0 \cdot F}{Q} \quad (5.21)$$

де e_0' – питома енергія відбиття на 1 кг частин, що падають $\frac{\text{кг} \cdot \text{см}}{\text{см}^2}$,

e_0 – питома енергія удару на 1 кг частин, що падають, $\frac{\text{кг} \cdot \text{см}}{\text{см}^2}$;

F – площа поршня, см^2 ;

Q – загальна вантажопідйомність струшувального механізму, кг.

Підставивши дані у формулу (5.21), отримуємо:

$$e_0' = \frac{2,97 \cdot 180}{839} = 0,64 \frac{\text{кг} \cdot \text{см}}{\text{см}^2}.$$

					ФЛ61.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						63
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.3.12 Визначення відношення енергії відбиття до енергії удару

Відношення енергії відбиття до енергії удару визначаємо за формулою:

$$m = \frac{e'}{e} \cdot 100\% \quad (5.22)$$

де m – відношення енергії відбиття до енергії удару;

e' – питома енергію відбиття, $\frac{\text{кг} \cdot \text{см}}{\text{см}^2}$.;

e – питома енергію удару, $\frac{\text{кг} \cdot \text{см}}{\text{см}^2}$.

Підставивши дані у формулу (5.22), отримуємо:

$$m = \frac{0,64}{2,97} 100\% = 21\%$$

5.3.13 Визначення коефіцієнта використання енергії, яка надається струшувальному столу

Коефіцієнт використання енергії, яка надається струшувальному столу, визначаємо за формулою:

$$\eta = \frac{e'}{s} \quad (5.23)$$

де η – коефіцієнт використання енергії, яка надається струшувальному столу;

e_0 – питома енергія удару на 1 кг частин, що падають $\frac{\text{кг} \cdot \text{см}}{\text{см}^2}$;

					ФЛ61.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						64
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

S – висота підйому поршня, см.

Підставивши дані в формулу (5.23), отримуємо:

$$\eta = \frac{0,64}{8} = 0,08.$$

5.3.14 Визначення продуктивності 1 дм³ повітря

Витрату стисненого повітря на 1 удар струшування визначаємо за формулою:

$$V_B = F \cdot (S_0 + S_e + S_r) \cdot (P_3 - P_5) \cdot 10^{-6}, \quad (5.24)$$

де V_B – витрата стисненого повітря на 1 удар струшування, м³;

F – площа струшувального поршня, см²;

S_0 – висота шкідливого простору, см;

S_e – шлях наповнення, см;

S_r – шлях розширення, см;

P_3 – тиск повітря кінці розширення, кг/см²;

P_5 – тиск повітря в момент закриття вихлопного отвору, кг/см².

Підставивши дані у формулу (5.24), отримуємо:

$$V_B = 180 \cdot (8 + 4 + 1,2) \cdot (6,63 - 1,15) \cdot 10^{-6} = 0,013 \text{ м}^3.$$

Продуктивність 1 дм³ повітря визначаємо за формулою:

$$e_v = \frac{e \cdot F}{V_B} \quad (5.25)$$

					ФЛ61.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						65
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

де e_v – продуктивність 1 м³ повітря ,

e – питома енергія удару,

F – площа струшувального поршня, м²;

V_B – витрата стисненого повітря на 1 удар струшування, дм³.

Підставивши дані в формулу (5.25), отримуємо:

$$e_v = \frac{2,97 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 10 \cdot 0,048}{0,013} = 10,9 \text{ кДж/дм}^3$$

Змінюючи висоту підйому стола, розраховуємо ще 2 варіанти індикаторної діаграми: $S = 5,0$ см (рис. 5.4); $S = 9,0$ см (рис. 5.5). Розраховані дані заносимо до табл. 5.1.

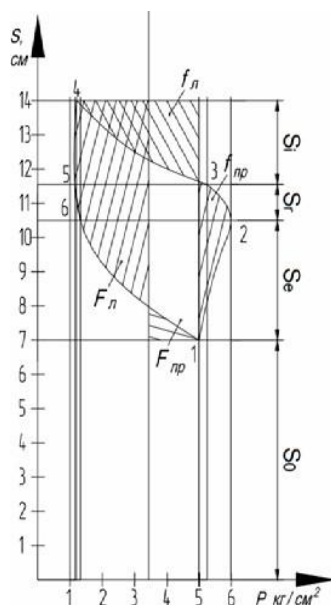


Рисунок 5.3 – Індикаторна діаграма струшувального механізму при висоті піднімання стола 80 мм

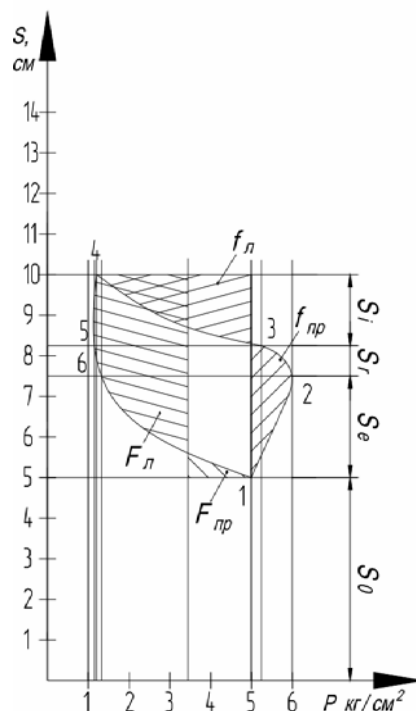


Рисунок 5.4 – Індикаторна діаграма струшувального механізму при висоті піднімання стола 50 мм

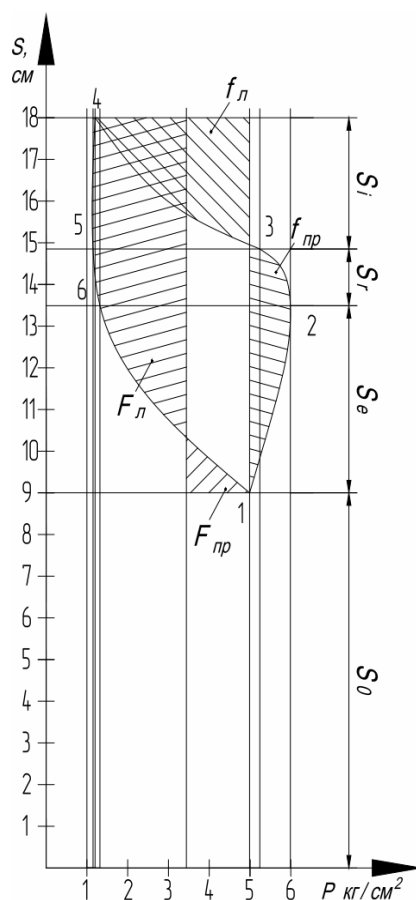


Рисунок 5.5 – Індикаторна діаграма струшувального механізму при висоті піднімання стола 90 мм

Таблиця 5.1 – Підсумок результатів розрахунків

№ п/п	S, см	S ₀ , см	S _е , см	S _г , см	P ₁ , кг/см ²	F, см ²	е, кг·см/см ²	е', кг·см/см ²	V _В , м ³	е _ν , кДж/м ³	η	Примітка
1	5	5	2,5	0,75	6,99	180	7,84	2,07	0,0016	23,4	0,40	Оптимально
2	8	8	4	1,2	6,99	180	7,85	2,21	0,013	10,9	0,8	
3	9	9	4,5	1,35	6,99	180	10,26	3,36	0,029	16,9	0,3	

У відповідності до табличних даних визначаємо, що оптимальна висота піднімання поршня із столом становить $S = 5$ см.

5.4 Визначення площ перерізу впускного і випускного отворів

5.4.1 Визначення розмірів впускного отвору

Площу перетину впускного отвору визначаємо за формулою:

$$f_{\text{ВП}} = \frac{V_{1-2}}{c_{\text{В}} \cdot t_{\text{ВП}}}, \quad (5.26)$$

де $f_{\text{ВП}}$ – площа перерізу впускного отвору, см²;

V_{1-2} – кількість повітря, яке проходить у циліндр через впускний отвір, м³;

$c_{\text{В}}$ – швидкість повітря, м/с. Відповідно рекомендаціям [5] швидкість повітря, яке проходить через отвір, складає $c_{\text{В}} = 15 \dots 25$ м/с. Приймаємо $c_{\text{В}} = 20$ м/с.

$t_{\text{ВП}}$ – час впуску повітря, с. За рекомендаціями [5] $t_{\text{ВП}} = 0,2 \dots 1,0$ с.

Приймаємо $t_{\text{ВП}} = 0,7$ с.

Кількість повітря, яке проходить у циліндр через впускний отвір, визначаємо за формулою:

$$V_{1-2} = V_{\text{к}} - V_{\text{л}}, \quad (5.27)$$

де V_{1-2} – кількість повітря, яке проходить у циліндр через впускний отвір, см³;

$V_{\text{к}}$ – кінцева кількість повітря у струшувальному циліндрі, см³;

$V_{\text{л}}$ – початкова кількість повітря у струшувальному циліндрі, см³.

					ФЛ61.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		68

Кінцева кількість повітря у струшувальному циліндрі визначається за формулою:

$$V_k = F(S_0 + S_e) \cdot \frac{P_2}{P_0}, \quad (5.28)$$

де V_k – кінцева кількість повітря у струшувальному циліндрі, см^3 ;

F – площа поршня, см^2 ;

S_0 – висота шкідливого простору, см ;

S_e – шлях наповнення, см ;

P_2 – тиск повітря у т. 2, кг/см^2 ;

P_0 – тиск повітря в мережі, кг/см^2 .

Підставивши значення у формулу (5.28), отримаємо:

$$V_k = 180(5 + 2,5) \cdot \frac{5,99}{5} = 1617 \text{ см}^3$$

Початкова кількість повітря у струшувальному циліндрі визначається за формулою:

$$V_n = F \cdot S_0 \cdot \frac{P_1}{P_0}, \quad (5.29)$$

де V_n – початкова кількість повітря у струшувальному циліндрі, см^3 ;

F – площа поршня, см^2 ;

S_0 – висота шкідливого простору, см ;

P_1 – тиск повітря в т. 1, кг/см^2 ;

P_0 – тиск повітря в мережі, кг/см^2 .

Підставивши значення у формулу (5.29), отримаємо:

$$V_n = 180 \cdot 5 \cdot \frac{4,99}{5} = 899 \text{ см}^3$$

Підставивши значення у формулу (5.27), отримаємо:

					ФЛ61.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						69
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

$$V_{1-2}=1617-899= 718 \text{ см}^3.$$

Підставивши значення у формулу (5.26), отримаємо:

$$f_{\text{вп}}=\frac{0,000718}{20\cdot 0,7}=0,51 \text{ см}^2$$

З урахуванням забруднення впускного отвору, його розрахункова площа збільшується на 10...20%.

$$f_{\text{вп}'}=(1,1\dots 1,2)f_{\text{вп}}, \quad (5.30)$$

де $f_{\text{вп}'}$ – переріз впускного отвору з урахуванням забруднення, см^2 ;

$f_{\text{вп}}$ – переріз впускного отвору, см^2 .

Підставивши значення у формулу (5.30), отримаємо:

$$f_{\text{вп}'}=1,2\cdot 0,51=0,61 \text{ см}^2$$

Діаметр впускного отвору визначаємо за наступною формулою:

$$d_{\text{вп}}= \sqrt{\frac{4\cdot f_{\text{вп}'}}{\pi}}, \quad (5.31)$$

де $d_{\text{вп}}$ – діаметр впускного отвору, см ;

$f_{\text{вп}'}$ – переріз впускного отвору з урахуванням забруднення, см^2 .

Підставивши значення у формулу (5.31), отримаємо:

$$d_{\text{вп}}= \sqrt{\frac{4\cdot 0,61}{3,14}}=8 \text{ мм},$$

Приймаємо діаметр 8 мм.

					ФЛ61.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						70
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

5.4.2 Визначення розмірів випускного отвору

Площу перетину випускного отвору визначаємо за формулою:

$$f_{\text{вип}} = 3 \cdot f_{\text{вп}}', \quad (5.32)$$

де $f_{\text{вип}}$ – площа перерізу випускного отвору, см^2 ;

$f_{\text{вп}}'$ – переріз випускного отвору з урахуванням забруднення, см^2 .

Підставивши значення у формулу (5.32), отримаємо:

$$f_{\text{вип}} = 3 \cdot 0,61 = 1,83 \text{ см}^2$$

Діаметр випускного отвору визначаємо за наступною формулою:

$$d_{\text{вип}} = \sqrt{\frac{4 \cdot f_{\text{вип}}}{\pi}}, \quad (5.33)$$

де $d_{\text{вип}}$ – діаметр випускного отвору, см ;

$f_{\text{вип}}$ – переріз випускного отвору, см^2 .

Підставивши значення у формулу (5.33), отримаємо:

$$d_{\text{вип}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 1,83}{\pi}} = 15 \text{ мм},$$

Приймаємо діаметр 15 мм.

					ФЛ61.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						71
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

6 ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ

6.1 Розрахунок чисельності основних та допоміжних робітників

Кількість основних виробничих працівників кожної з професій визначається із трудомісткості виробничих операцій, які здійснюються на дільниці, або по аналогії із діючим виробництвом

Плановий час роботи одного працівника за рік розраховуємо шляхом складання балансу робочого часу. Цей розрахунок представлений у табл. 6.1.

Таблиця 6.1 – Плановий баланс робочого часу за рік

Найменування витрат часу	Кількість днів
1	2
Кількість номенклатурних днів за рік	365
Неробочі дні, у тому числі:	114
- загальнодержавні та релігійні свята	10
- вихідні	104
Режимний час підприємства, у тому числі:	251
- плановий фонд роботи працівника	213
- витрати робочого часу працівників, у тому числі:	38
- хвороба	12
- чергові та додаткові відпустки	24
- невиходи з дозволу адміністрації	1
- скорочення робочого часу матерям, підліткам	1

На підставі балансу робочого часу визначаємо обліковий склад робітників, який в свою чергу розраховується за допомогою коефіцієнта облікового складу $K_{обл.}$:

$$K_{обл.} = \Phi_{реж.} / \Phi_{пл.}, \quad (6.1)$$

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ					
Змн.	Арк.	№ докум.		Дата						
Розроб.		Антоненко А.О			ОРГАНІЗАЦІЙНИЙ РОЗДІЛ		Літ.	Арк.	Аркушів	
Перевір.		Ямшинський М.М							72	
Реценз.							КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ			
Н. Контр.										
Затверд.										

де $\Phi_{\text{реж.}}$ – режимний річний фонд роботи підприємства, днів;

$\Phi_{\text{пл.}}$ – плановий фонд роботи працівника за рік, днів.

Підставивши значення у формулу (6.1) розраховуємо:

$$K_{\text{обл}} = 251/213 = 1,18$$

Чисельність основних, допоміжних робітників та управлінського персоналу дільниці наведено у табл. 6.2.

Таблиця 6.2 – Загальна чисельність працівників

Найменування професії	Кваліфікація, розряд	Чисельність робітників, осіб	Коефіцієнт облікового складу	Обліковий склад
1	2	3	4	5
ОСНОВНІ РОБІТНИКИ				
Формувальник	4	4	1,18	5
Встановлювач стрижнів	3	2	1,18	3
Складальник	4	2	1,18	3
Заливальник	5	4	1,18	5
Вибивальник	3	2	1,18	3
Разом		16		19
ДОПОМІЖНІ РОБІТНИКИ				
Крановик	4	2	1,18	3
Слюсар по ремонту тех. уст.	4	1	1,18	1
Електромонтер	4	1	1,18	1
Разом		4		5
УПРАВЛІНСЬКИЙ ПЕРСОНАЛ				
Начальник відділення	-	1	-	1
Майстер	-	2	-	2
Механік	-	1	-	1
Разом		4		4

6.1.2 Розрахунок фондів заробітної плати

Витрати на заробітну плату робітників складаються з основної та додаткової заробітної плати з відрахуванням на соціальні потреби. Сума цих нарахувань складає 22 % від загального річного фонду заробітної плати.

Загальний фонд заробітної плати робітників розраховується наступним чином: спочатку визначають основний і додатковий фонд заробітної плати.

Основний фонд заробітної плати за рік (у грн.) для відрядників за професіями і розрядами розраховується за формулою:

$$З = N \cdot \Phi \cdot C, \quad (6.2)$$

де N – число основних робітників даної професії та розряду, чол;

Φ – ефективний фонд часу роботи одного робітника за рік, год;

C – годинна тарифна ставка, грн.

Розмір премії приймаємо 25...35% від фонду основної заробітної плати. Розмір додаткового фонду визначається як сума всіх перерахованих виплат. Загальний фонд заробітної плати розраховується як сума основного та додаткового фондів. Результати розрахунків заробітної плати приведені у табл. 6.3. Заробітна плата управлінського персоналу вираховується без розподілу її на основну та допоміжну, табл. 6.4.

Таблиця 6.3 – Розрахунок фондів заробітної плати основних та допоміжних робітників

					ФЛ611.61301.1110.0000	Арк.
						74
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Найменування професії	Розряд	Годинна ставка, грн.	Чисельність робітників, осіб	Плановий фонд робочого часу	Фонд основної зарплати, грн.	Фонд додаткової заробітної плати, грн.	Загальний фонд заробітної плати
1	2	3	4	5	6	7	8
Формувальник	4	38,2	5	1840	351440	70288	421728
Встановлювач стрижнів	4	38,2	3	1840	210864	42173	253037
Встановлювач холодильників в	4	38,2	3	1840	210864	42173	253037
Складальник	5	43,3	3	1840	239016	47803	286819
Заливальник	3	34	5	1840	312800	62560	375360
Оператор лінії	3	34	3	1840	187680	37536	225216
Вибивальник	3	34	3	1840	187680	37536	225216
Разом			25		1700344		2040413

Таблиця 6.4 – Розрахунок фонду заробітної плати управлінського персоналу

Посада	Облік складу, осіб	Місячний посад. оклад, грн	Загальний річний фонд зар. плати, грн.
Начальник ділянки	1	16500	198000
Майстер	2	15000	360000
Механік	1	12000	144000
Разом	4		702000

Загальний фонд заробітної плати складає:

$$2040413 + 702000 = 2742413 \text{ грн.}$$

					ФЛ611.61301.1110.0000	Арк.
						75
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7 ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ

7.1 Розрахунок витрат формувальної та стрижневої сумішей на тонну придатного литва

Розраховуємо об'єм формувальної суміші в опоці:

$$V_{фсум} = V_{\phi} - n_{\phi} \cdot V_{\phi} - V_{л.с.} - n_{ст} \cdot V_{ст} , \quad (7.1)$$

де V_{ϕ} – об'єм форми, м³;

V_{ϕ} – об'єм виливка, м³;

$V_{л.с.}$ – об'єм ливникової системи, м³;

$V_{ст}$ – об'єм стрижня, м³;

n_{ϕ} – кількість виливків;

$n_{ст}$ – кількість стрижнів.

$$V_{\phi} = l_{он} \cdot b_{он} \cdot h_{он} , \quad (7.2)$$

де $l_{он}$, $b_{он}$, $h_{он}$ – довжина, ширина та висота верхньої і нижньої опоки, м.

$$V_{\phi} = 0,8 \cdot 0,6 \cdot (0,25 + 0,25) = 0,2 \text{ м}^3$$

$$V_{\phi} = Q_{\phi} / \rho_{ме} , \quad (7.3)$$

$$V_{\phi} = 48,75 / 7100 = 0,0068 \text{ м}^3$$

$$V_{л.с.} = Q_{лс} / \rho_{ме} , \quad (7.4)$$

$$V_{л.с.} = 6 / 7100 = 0,00084 \text{ м}^3$$

$$V_{ст} = 0,08 \text{ м}^3 \text{ (визначено за допомогою програми «Компас 3д»)}$$

$$V_{фсум} = 0,2 - 1 \cdot 0,0068 - 0,00084 - 1 \cdot 0,08 = 0,112 \text{ м}^3$$

Маса формувальної суміші, потрібної для виготовлення 1т придатних виливків:

$$M_{фсум} = (0,112 \cdot 1000 \cdot 1650) / (48,75 \cdot 1) = 3790 \text{ кг}$$

Кінцева маса формувальної суміші :

$$M_{фс} = M_{фсум} \cdot 1,1 = 3790 \cdot 1,1 = 4169 \text{ кг}$$

					ФЛ611.61301.1110.0000			
Змн.	Арк.	№ докум.		Дата				
Розроб.		Антоненко А.О			ЕКОНОМІЧНИЙ РОЗДІЛ		Літ.	Арк.
Перевір.		Ямшинський М.М						76
Реценз.							КПІ ім. Ігоря Сікорського ІФФ	
Н. Контр.								
Затверд.								

Маса стрижневої суміші на одну форму становить :

$$M_{ст.сум} = \rho_{ст.сум} \cdot n_{ст} \cdot V_{ст}, \quad (7.5)$$

$$M_{ст.сум} = 1700 \cdot 1 \cdot 0,08 = 136 \text{ кг}$$

Маса стрижневої суміші, потрібної для виготовлення 1 т придатних виливків:

$$M_{стсум(на 1т)} = (136 \cdot 1000) / (48,75 \cdot 1) = 2789 \text{ кг}$$

Кінцева маса стрижневої суміші :

$$M_{стсум} = M_{стсум(на 1т)} \cdot 1,1 = 1060 \cdot 1,1 = 3068 \text{ кг}$$

Технологічний вихід придатного литва:

$$ВП_{техн} = G_{\epsilon} \cdot 100\% / (G_{\epsilon} + G_{л.с.}), \quad (7.6)$$

$$ВП_{техн} = 48,75 \cdot 100 / (48,75 + 6) = 89 \%$$

Металургійний вихід придатного литва:

$$ВП_{мет} = ((100 - Y)(100 - B)(100 - Б)) ВП_{техн.} / 10^6, \quad (7.7)$$

де $Y = 3 \%$ – угар чавуну при плавленні в індукційній печі;

$B = 1,5\%$ – беззворотні втрати;

$Б = 3\%$ – брак для чавунних виливків.

$$ВП_{мет} = ((100 - 3) \cdot (100 - 1,5) \cdot (100 - 3) \cdot 89) / 10^6 = 82\%.$$

Знаючи металургійний вихід придатного литва, можна розрахувати масу металозаварки на 1 тонну придатного литва:

$$M_{мз} = 1000 \cdot 100\% / ВП_{мет} \quad (7.8)$$

$$M_{мз} = 1000 \cdot 100 / 82 = 1219 \text{ кг}$$

					ФЛ611.61301.1110.0000	Арк.
						77
Зм. н.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

7.2 Визначення капітальних вкладень у проект ділянки формувальних операцій ливарного цеху

Величина необхідних капітальних вкладень (у грн.) визначається методом розрахунку окремих елементів вкладень, за формулою:

$$K = K_o + K_{очн} + K_{инв} + K_m, \quad (7.9)$$

де K_o – капіталовкладення у необхідне обладнання;

$K_{очн}$ – капіталовкладення в оснащення;

$K_{инв}$ – капіталовкладення в інвентар;

K_m – капіталовкладення у запаси матеріалів, напівфабрикатів. Вкладення в обладнання (у грн.) розраховують за формулою:

$$K_o = K_T + K_{пт} + K_e + K_{уп}, \quad (7.10)$$

де K_T – капіталовкладення у необхідне технологічне устаткування;

$K_{пт}$ – капіталовкладення у піднімально-транспортне устаткування;

K_e – капіталовкладення в енергоустаткування;

$K_{уп}$ – капіталовкладення у засоби контролю та управління.

Витрати на придбання, доставку і встановлення одиниць необхідного устаткування розраховують за формулою:

$$K = Ц(a_T + a_б + a_m), \quad (7.11)$$

де $Ц$ – договірна ціна одиниці технологічного устаткування, грн.;

a_T – коефіцієнт, що враховує транспортно-заготівельні витрати на придбання устаткування (0,05...0,1);

$a_б$ – коефіцієнт, що враховує будівельні роботи (0,02...0,08);

a_m – коефіцієнт, що враховує витрати на монтажні роботи (0,05...0,1).

Розрахунок капітальних вкладень в устаткування формувальної ділянки наведений у табл. 7.1.

					ФЛ611.61301.1110.0000	Арк.
						78
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Таблиця 7.1 – Розрахунок капіталовкладень в устаткування

Найменування устатковування	Кількість, шт.	Вартість за одиницю, грн.	Загальна вартість, грн	Витрати на монтаж, грн.	Всього, грн.
1	2	3	4	5	6
Формувальна лінія	1	3000000	3000000	240000	3240000
Струшувальна формувальна машина	8	500000	4000000	80000	4160000
Мостовий кран Q=5т	2	750000	1500000	120000	1620000
Стрічковий конвейєр	1	400000	400000	32000	432000
Разом					8882000

Вартість обігового фонду оснастки та інструменту в загальному вигляді визначається з розрахунку 8 грн. на одиницю придатного литва (річна програма).

$$K_{\text{осн}} = 8 \cdot n_{\text{заг}}, \quad (7.12)$$

де $K_{\text{осн}}$ – вартість обігового фонду оснастки та інструментів;

$n_{\text{заг}}$ – загальна кількість виливок на рік, шт.

Підставивши значення в формулу (6.15) отримуємо:

$$K_{\text{осн}} = 8 \cdot 185166 = 1481328 \text{ грн.}$$

Вартість виробничого та господарчого інвентарю приймаємо в розмірі 2% від вартості устаткування:

$$K_{\text{інв}} = 1481328 \cdot 0,02 = 29626 \text{ грн.}$$

Капітальні вкладення в запаси матеріалів розраховують за формулою:

$$K_{\text{м}} = \sum M_i \cdot C_i \cdot K_i, \quad (7.13)$$

де M_i – середня кількість запасів матеріалів і-го типу, т;

C_i – оптова ціна матеріалу і-го типу, грн.;

K_i – коефіцієнт, що враховує транспортно-заготівельні витрати на придбання матеріалу і-го типу.

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						79
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Розрахунок капітальних вкладень в запаси матеріалів ливарного цеху наведений у таблиці 7.2.

Підставивши дані у формулу (7.12) визначаємо капіталовкладення у створення дільниці:

$$K = 888200 + 1481328 + 29626 + 612500 = 3011654 \text{ грн.}$$

Таблиця 7.2 – Визначення капітальних вкладень у запаси матеріалів

Найменування матеріалу	Кількість на 1 т литва, т	Величина запасу, т	Планова ціна, грн./т	Вартість мінімального запасу, грн.
Сталевий брухт	0,7192	28,77	4260	122552
Зворот власного виробництва	0,8807	35,228	8000	281824
Чавун переробний	0,0871	3,484	4200	14633
Феросиліцій ФС45	0,0123	4,92	25625	126075
Феромарганець ФМн1,5	0,01125	0,45	125000	56250
Алюміній А88	0,00175	0,07	112500	7875
Пісок кварцовий	0,328	54,66	1780	3291
Всього				612500

7.4 Визначення планової собівартості одиниці продукції

7.4.1 Розроблення планової калькуляції собівартості продукції

Витрати на електроенергію визначаємо, виходячи із вартості 1 кВт·год електроенергії, що складає 1,82 грн/кВт·год:

$$C_e = 6\,000\,000 \cdot 1,82 = 10920000 \text{ грн.}$$

Витрати на стиснене повітря визначаємо за 30 грн. за 1000 м³:

$$C_{\text{пов}} = 30 \cdot 5000 = 150000 \text{ грн.}$$

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						80
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Витрати на охорону праці та техніку безпеки визначають з розрахунку 350
грн. на одного працюючого:

$$P_{\text{охор}} = 350 \cdot 29 = 10150 \text{ грн.}$$

Вартість води визначаємо з розрахунку:

11,20 грн. (без ПДВ) за 1 куб. м водопостачання;

7,96 грн. (без ПДВ) за 1 куб. м водовідведення

$$C_{\text{в}} = 22,92 \cdot 11000 = 252120 \text{ грн.}$$

Планова калькуляція собівартості представлена у таблиці 7.3.

Найменування статей витрат	% до металозавал ки	Кількість на 1 т виливків, кг	Планова ціна за 1 т, грн	Вартість на 1 т, грн
1	2	3	4	5
1. Металева шихта:				
- сталевий брухт	42,3	719,2	4260	3063,8
- зворот власного виробництва	48,7	880,7	8000	7045,6
- чавун переробний	6,97	87,1	4200	365,8
- феросиліцій ФС45	0,99	12,3	25625	315,2
- феромарганець ФМн 1,5	0,9	11,25	125000	1403,6
- алюміній А88 для розкислення	0,14	1,75	112500	196,6
Разом	100	1712,3	-	12390,9
2. Угар	4	68,5	-	848,8
Загалом рідкого металу	96	1643,8	-	13239,7
3. Відходи власного виробництва		643,8	7000	-4506,6
Разом		1000		8733,1
4. Флюс універсальний		65	4250	276,3
5. Заробітна плата				
а) основна				1700
б) додаткова				3400
6. Єдиний соціальний внесок				374
7. Енергоносії				1092
8. Охорона праці				10,1
9. Інше				30,1
Всього				15615,4

Інші невраховані витрати можна вважати рівними 1% від загальної суми врахованих загальновиробничих витрат по ділянці:

$$P_{\text{невр}} = 0,01 \cdot 3011654 = 30116,54 \text{ грн.}$$

7.5 Розрахунок продуктивності праці на ділянці

Продуктивність праці розраховуємо як відношення обсягів виробництва придатного литва за рік до загальної чисельності персоналу ділянки:

$$\text{ПП} = Q/n, \quad (7.17)$$

де ПП – продуктивність праці, т/особу;

Q – кількість придатного литва за рік, т;

n – загальна чисельність персоналу ділянки, особа.

$$\text{ПП} = 3400 / 25 = 136 \text{ т/особу.}$$

7.6 Розрахунок показників економічної ефективності проектного рішення

Для порівняння варіантів технічних рішень застосовуємо такі показники економічної ефективності [6]:

– трудомісткість продукції:

$$t = \text{Ч}_{\text{осн}} \cdot \Phi^{\text{пл}}_{\text{ор}} / Q, \quad (7.14)$$

де t – трудомісткість продукції, нормо · год /т;

Ч_{осн} – чисельність основних робітників, осіб;

Φ^{пл}_{ор} – плановий час роботи робітника за рік, год;

Q – плановий річний обсяг виробництва продукції, т.

Підставивши необхідні значення в формулу (6.24), отримаємо:

$$t = 29 \cdot 1840 / 3400 = 15,7 \text{ нормо} \cdot \text{год/т.}$$

– період окупності капітальних витрат:

$$P_{\text{ок}} = (K / \text{ПП}_p) < P_{\text{нок}}, \quad (7.15)$$

де P_{ок} – період окупності капітальних витрат, років;

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						82
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

К – капітальні витрати, грн. ;

ГП_р – річна сума грошового потоку, грн.,

П_{нок} – нормативний період окупності (3...5 років).

Річна сума грошового потоку визначається за формулою:

$$\text{ГП}_p = 0,82 \cdot (\text{Ц} - \text{C}_n) \cdot Q + \sum A, \quad (7.20)$$

де ГП_р – річна сума грошового потоку, грн. ;

0,82 – коефіцієнт частки чистого прибутку;

Ц – ринкова ціна продукції;

C_п – повна собівартість продукції;

Q – потужність ливарного заводу, т.

∑A – загальна річна сума амортизаційних відрахувань, грн.;

Підставивши необхідні значення у формулу (7.6), отримаємо:

$$\text{ГП}_p = 0,82 \cdot (12900 - 12490) \cdot 3400 + 43242 = 986080 \text{ грн.}$$

Підставивши необхідні значення у формулу (6.5), отримаємо:

$$\text{П}_{\text{ок}} = 3011654 / 986080 = 3,05 \text{ роки.}$$

Перелік типових порівняльних техніко-економічних показників наведені у таблиці 7.4

Таблиця 7.4. – Типові порівняльні ТЕП

Найменування показників	Одиниця виміру	Значення за варіантами	
		базовий	спроектований
1. Річний плановий обсяг виробництва продукції	т	1500	3400
2. Загальна площа ділянки	м ²	1080	550
3. Виробнича площа	м ²	724	435
4. Загальна чисельність працюючих	осіб	19	29
5. Капіталомісткість продукції	грн./т	20371	30116
6. Собівартість продукції	грн./т	16253	15615,4
7.Період окупності	років	5,7	3,05

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						83
Змн.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

8 ОХОРОНА ПРАЦІ

Згідно індивідуального завдання вибираємо формувальне відділення, яке насичене устаткуванням, яке, як правило, є джерелом наступних шкідливих і небезпечних факторів: надмірна запиленість і загазованість робочої зони, підвищений рівень шуму, вібрацій, які впливають на нервово-психологічний і фізичний стан людини, джерела електричної небезпеки і пожежної небезпеки, а також рухомі механізми, що можуть травмувати чи завдати механічних пошкоджень.

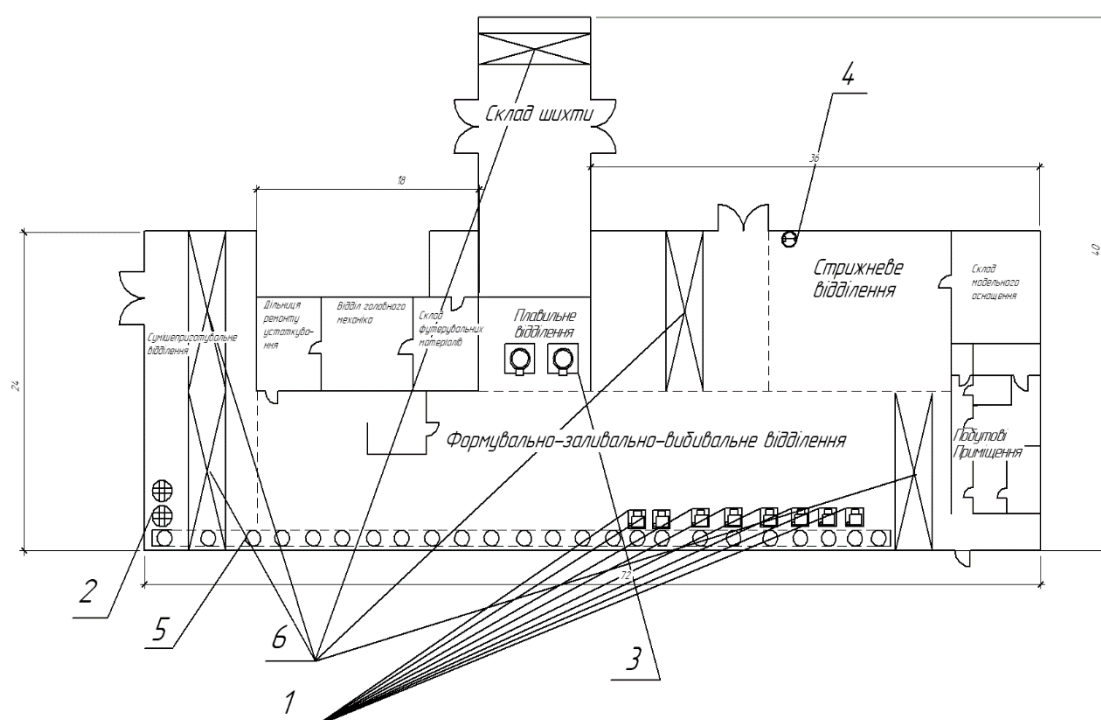
Основним устаткуванням відділення є струшувально-пресові машини, стрічковий конвеєр, бункери.

Основні параметри відділення, специфікація технологічного обладнання та оснащення наведені в таблиці 8.1.1, а план приміщення на рис. 8.1.

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ								
Змн.	Арк.	№ докум.		Дата	ОХОРОНА ПРАЦІ				Літ.	Арк.	Аркушів		
Розроб.	Антоненко А.О											84	
Перевір.	Ямшинський												
Реценз.													
Н. Контр.													
Затверд.													

Таблиця 8.1.1 План приміщення, специфікація технологічного обладнання та оснащення формувального відділення

	Найменування	Основні характеристики	Кількість	Позиція на рисунку
.	Параметри формувального відділення	10000*55000*5000; S=550 м ² ; V=2750 м ³	-	-
.	Кількість працівників	Формувальник, Встановлювач стрижнів, Встановлювач холодильників, Складальник,, Заливальник, Оператор лінії, Вибивальник	7	-
.	Природне освітлення	Вікно поворотно-відкидне Steko 1300*1400 мм	11	-
.	Штучне освітлення	Растровый светильник накладной 650x650x50 lumen	25	-
Обладнання та оснащення				
	Мостовий кран	Розміри 1200*800*2000 мм ; Грузопідйомність 5 Т; напруга 380 В, 50 Гц	5	6
	Бігуни сумішопріготувальні	300*250 мм	2	2
	Стрічковий конвеєр	6000*100 мм	1	5
	Формувальна машина типу 267М	2600x1750x2900мм	8	1



					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		85

Рис.8.1 – План формувального відділення

1 – Машина ливарна формувальна пневматично струшуюча; 2 – бігуни сумішоприготувальні; 3 – печі тигельні індукційні;
4 – бігуни для стрижневої суміші; 5 – стрічковий конвеєр для подачі формувальної суміші до бункерів; 6 – мостові крани.

Таблиця 8.1.2. Реальні та нормативні характеристики формувального відділення

№	Параметр приміщення	Реальне значення	Нормативні значення
1	Площа на 1 працюючого	78,6 м ²	4,5 м ²
2.	Об'єм на 1 працюючого	393 м ³	15 м ³
3.	Мінімальна ширина проходу	3 м	1,5 м

Згідно з таблицею 8.1.2 всі реальні значення величин лежать у межах нормативних значень, що передбачені законодавством.

8.2 Джерела фізичних небезпечних і шкідливих факторів

В зв'язку з тим що в формувальному відділенні багато різнопланового обладнання безпеки і заходи буде розглянуто на прикладі формувальної машини типу 267М

8.2.1 Рухомі машини і механізми. Небезпеки та джерела, що можуть їх викликати до кожної частини обладнання наведені у таблиці 8.2.1.

Таблиця 8.2.1. Основні небезпечні фактори в формувальному відділенні

Найменування обладнання	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
Формувальна машина типу 267М	Траверса\ Механізм поворота	людський фактор - порушення правил безпеки технологічний фактор	Фізичні пошкодження
Мостовий кран	Піднімальний механізм	Порушення техніки безпеки	Фізичні пошкодження

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						86
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Стрічковий конвеєр	Лінія конвеєра	Порушення техніки безпеки	Фізичні пошкодження
--------------------	----------------	---------------------------	---------------------

У таблиці 8.2.2 наведені заходи з ОП різного типу, які є в конструкції або їх необхідно провести для безпечного користування формувальною машиною типу 267М для запобігання виникненню фізичних шкідливих та небезпечних факторів пов'язаних з дією рухомих частин.

Таблиця 8.2.2. Заходи з забезпечення охорони праці

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1.	Технічні заходи	Зона повороту траверси повинна бути огорожена, для запобігання підходу робітників	Захист від фізичних пошкоджень
2.	Організаційні заходи	Проведення інструктажу Надання інструкції експлуатації машини	Навчання з питань безпеки при експлуатації машини
3.	Режимні заходи	Недопущення сторонніх осіб до управління формувальною машиною	Запобігання виникненню аварійної ситуації на виробництві
4.	Експлуатаційні заходи	Проведення контролю	Відстежування справності обладнання

8.3. Джерела хімічних небезпечних і шкідливих факторів

Основними джерелами забруднення атмосфери (пилом, окисом вуглецю) і водою механічними суспензіями в ливарних цехах є плавильні агрегати та устаткування сумішоприготувального відділення.

Таблиця 8.3.1 Основні шкідливі хімічні фактори, що створюються в процесі роботи плавильні агрегати та устаткування сумішоприготувального відділення.

№	Найменування обладнання	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1.	Бігуни сумішоприготувальні	Пил	Змішування сипучих речовин	Ураження легень

Таблиця 8.3.2. Реальні та нормативні фактори небезпеки, які створюються у процесі роботи.

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		87

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативні значення
1.	Пил	9 мг/м ³	1,1-10,0 мг/м ³

Заходи для зменшення впливу хімічних небезпечних факторів наведено в таблиці 8.3.3.

Таблиця 8.3.3 Заходи з забезпечення охорони праці

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1.	Технічні заходи	вентиляційна система з спеціальними фільтрами	видалення шкідливих речовин з повітря
2.	Організаційні заходи	мінімізація часу перебування біля змішувача	зменшення вдихання повітря з шкідливими речовинами
3.	Режимні заходи	недопущення появи сторонніх осіб біля змішувача	захист від шкідливих хімічних речовин
4.	ЗІЗ	згідно посади користувача	індивідуальний захист

8.4 Небезпека ураження електричним струмом

Основні джерела електронебезпеки наведені в таблиці 8.4.1. В таблиці 8.4.2 описані реальні та нормативні значення небезпечних факторів, а заходи їх унесення наведені в табл. 8.4.3.

Таблиця 8.4.1. Небезпеки ураження електричним струмом

Найменування обладнання	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
Мостовий кран(380V)	Електричний струм	Дотик до не струмопровідних частин електроустановок які опинилися під напругою в результаті пошкодження ізоляції	Пошкодження обладнання ,фізичні травмування
Стрічковий конвеєр (380V)	Електричний струм	Дотик до неізольованих частин електроустановки	Травмування робітників, пошкодження обладнання
Формувальна машина типу 267M	Електричний струм	Дотик до неізольованих частин електроустановки	Пошкодження обладнання ,фізичні травмування

Таблиця 8.4.2. Реальні та нормативні фактори небезпеки

№	Фактор небезпеки	Реальне значення	Нормативні значення
1	Напруга на блоку живлення формувальної машини 267м	220/380 В / 200А	4 В / 0,25 мА 220/380 В / 200А
2.	Напруга яка подається на кабіну мостового крану	220/380 В / 200А	4 В / 0,25 мА 25 / 1,5 мА
3.	Живлення автоматичної лінії	220/380 В / 200А	4 В / 0,25 мА

Таблиця 8.4.3. Заходи з забезпечення електробезпеки

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1.	Технічні заходи	Аварійне відключення установок (стабілізатор напруги)	пониження напруги стабілізація напруги
2.	Організаційні заходи	інструкція з експлуатації	навчання з питань безпеки при роботі обладнання
3.	Режимні заходи	недопущення появи сторонніх осіб біля працюючого обладнання	запобігання ураженню електричним струмом
4.	Експлуатаційні заходи	технічний огляд та перевірка	уникнення поломок обладнання
5.	ЗІЗ	згідно посади користувача	індивідуальний захист

8.5 Небезпека пожежі

Джерела пожежної небезпеки наведені у табл. 8.5.1.

Таблиця 8.5.1 – Небезпеки пожежного характеру

№	Найменування функціонального блоку	Джерело небезпеки	Причини небезпеки	Наслідки небезпеки
1.	Мостовий кран(380V)	Напруга на контактах	Коротке замикання	Пожежа
2.	Стрічковий конвеєр	Напруга на контактах	Коротке замикання,	Пожежа
3.	Формувальна машина 267М	Напруга на контактах	Коротке замикання	Пожежа

Таблиця 8.5.2 – Заходи з забезпечення охорони праці

№	Група номенклатурних заходів з ОП	Вид заходу	Критерій вибору
1.	Технічні заходи	Вуглекислотні вогнегасники (ОУ – 2 і ОУ – 8)	Категорія приміщення В, клас пожежі А і Е, площа приміщення 550 м ²
		Димові пожежні сповіщувачі ДИП-1, 2 од.	Висота приміщення 5 метри, наявність цінного обладнання
2.	Організаційні заходи	інструкція з експлуатації	навчання з питань безпеки при експлуатації
3.	Експлуатаційні заходи	Періодична перевірка обладнання	Надійність живлення

Висновки до розділу 8

У розділі з охорони праці розглянуті небезпеки фізичного, хімічного, електричного та пожежного характеру, описані та розробленні заходи для їх усунення або зменшення. Характеристики експлуатаційного обладнання відповідають нормативним значенням .

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ	Арк.
						90
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата		

Висновки

При виконанні дипломного проекту було розроблено технологічний процес виготовлення чавунного виливка «Корпус редуктора».

Для виготовлення виливка обрано спосіб лиття у піщано-глинясті форми посирому з використанням машинної формовки.

Розроблено креслення ливарної технології, модельного оснащення для її реалізації та форми у складеному вигляді.

Для виливка було розроблено технологію ливарної форми, яка передбачає максимальне наближення його за розмірами та конфігурацією до готової деталі.

Виготовлення стрижнів пропонується здійснювати у алюмінієвому оснащенні

При організації роботи формувального відділення ливарного цеху обрано високопродуктивне устаткування (струшувальні формувальні машини з допресовуванням) та його розміщення на окремих ділянках.

Для підвищення продуктивності виготовлення форм і забезпечення встановленого обсягу виготовлення виливків передбачено системи транспортування суміші, стрижнів, складених і залитих форм, виливків після вибивання.

Розраховано основні робочі та конструктивні параметри формувальної машини та виконано її робоче креслення.

Проведений аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів та визначені заходи зі зниження негативного впливу виробництва на здоров'я робітників відділення.

ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ						
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата							
Разроб.		Антоненко			Висновки			Лит.	Аркуш	Аркушів	
Перев.		Ямшинський								91	
								КПІ ім. І. Сікорського,			
Н. Контр.											
Затв.											

Список літератури

1. Проектування ливарних цехів / Федоров Г.Є., Ямшинський М.М., Могилатенко В.Г., Гурія І.М., Шинський І.О. – К: НТУУ „КПІ“, 2011.–Ч. 1.–588 с.
2. Макаревич О.П. та ін. Виробництво виливків із спеціальних сталей / О.П. Макаревич, Г.Є. Федоров, Є.О. Платонов. – К.: Видавництво НТУУ „КПІ“, 2005. – 712 с.
3. Сафронов В. Я. Справочник по литейному оборудованию. М.: Машиностроение, 1985. – 320 с.
4. Справочник молодого литейщика. – 3-е изд., перераб. и дополн. М.: Высшая школа, 1991. – 319 с.
5. Матвеев И. В., Тарский В. Л. Оборудование литейных цехов. – М.: Машиностроение, 1976. – 440 с.
6. Формовочные материалы и технология литейной формы: Справочник / Под общей ред. С.С. Жуковского. – Машиностроение, 1993. – 432с.
7. Аксенов П.Н. Оборудование литейных цехов. - М.: Машиностроение, 1977. – 510 с.
8. Горский А.И. Расчет машин и механизмов автоматических линий литейного производства - М.: Машиностроение, 1978. – 215 с.

					ФЛ611.61301.1110.0000 ПЗ			
Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата				
Разроб.		Антоненко			Список літератури	Лит.	Аркуш	Аркушів
Перев.		Ямшинський					92	
						КПІ ім. І. Сікорського,		
Н. Контр.								
Затв.								